

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra oděvnictví FT

Studentská 2, 461 17 Liberec



Fakulta textilní

Studijní program:

N3106 – Textilní inženýrství

Obor:

Textilní a oděvní technologie

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Školní rok:

2008 / 2009

Vypracovala:

Bc. Marie Ženožičková

Číslo diplomové práce:

KOD/2009/06/2 MS

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Renáta Nemčoková

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:

90

Počet obrázků:

104

Počet tabulek:

4

Počet příloh:

7

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra oděvnictví FT

Studentská 2, 461 17 Liberec



ANOTACE

Fakulta:

Textilní

Katedra oděvnictví

Obor:

Textilní a oděvní technologie

Téma diplomové práce:

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Evaluation of 3D objects and a human body

Jméno:

Bc. Marie Ženožičková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Renáta Nemčoková

Diplomová práce je zaměřena na hodnocení 3D tvaru objektů a lidského těla. V teoretické části je hodnocen vývoj, principy a možnosti využití 3D skenerů. Dále jsou popsány principy digitalizace, osvětlena problematika Reverse engineering a geometrické modelování v CAD systémech. Dále je pak provedena rešerše různých softwarových systémů zaměřená zvláště na systém CATIA V5.

Experimentální část je zaměřena na práci s digitalizovanými daty. Řeší také konstrukci objektu bez využití dat získaných prostřednictvím digitalizace. Veškerá práce je doprovázena četnou obrazovou dokumentací, díky níž jsou zachyceny důležité výsledky získané modelováním a konstrukcí řešených objektů.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra oděvnictví FT

Studentská 2, 461 17 Liberec



ABSTRACT

Faculty:

Textile

Department of attire

Speciality:

Textile and clothe technology

Theme of diplom work:

Evaluation of 3D objects and a human body

Name:

Bc. Marie Ženožičková

Leader of diplom work:

Ing. Renáta Nemčoková

This final thesis is aimed to evaluation of 3D objects and a human body. Evaluation of 3D scanners development, principles and their practical usage are discussed in the theoretical part. The principles of digitalization, the problems of Reverse Engineering and geometric modelling in CAD systems are explained there. Further on the summary of different software systems aimed especially to CATIA V5 system is given.

The experimental part is aimed to work with the digitized data. The construction of the object without the data gained via digitalization is solved there. The thesis is supplied with image documentation. Thanks to this documentation important results obtained through modelling and the construction of the solved objects are stated there.

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. Renátě Nemčokové za všestrannou pomoc, odborné vedení, cenné připomínky a trpělivost při zpracování této diplomové práce.

Děkuji také blízké rodině a přátelům za všestrannou podporu v průběhu studia.

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomové práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským.

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla až do jejich skutečné výše.

V Liberci dne 12.5.2009

.....

Podpis

Bc. Marie Ženožičková

Ladín 52

Konice 798 52

Prostějov

Klíčová slova

Key words

Česky (Czech)

Anglicky (English)

Catia V5	-	CATIA V5
Digitalizace	-	Digitalization
Geometrické modelování	-	Geometric modelling
Konstrukce	-	Construction
Lidské tělo	-	Human body
Skener	-	Scanner
Software	-	Software
3D Grafika	-	3D Graphic

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	14
3	CO JE TO CAD / CAM / CAE / PDM?	15
4	VSTUPNÍ ZAŘÍZENÍ CAD SYSTÉMŮ	16
4.1	VÝVOJ 3D SKENERŮ	16
4.2	MOŽNOSTI VYUŽITÍ 3D SKENERŮ	17
4.3	PRINCIPY DIGITALIZACE	18
4.4	DRUHY SKENERŮ ROZDĚLENÉ DLE TECHNOLOGIE SNÍMÁNÍ	19
4.4.1	Dotykové skenery	19
4.4.1.1	Mechanické skenery	19
4.4.1.2	Destruktivní skenery	20
4.4.2	Bezdotykové skenery	21
4.4.2.1	Optické skenery	21
4.4.2.2	Laserové skenery	22
4.4.2.3	Ultrazvukové skenery	23
4.4.2.4	Rentgenové skenery	23
5	VIRTUAL PROTOTIPING	23
5.1	ROZDĚLENÍ NA CAD A CAE	24
5.2	CAD	25
5.2.1	Současné trendy v CAD systémech	25
5.2.1.1	Modulární členění programu	26
5.2.1.2	Adaptivní modelování	26
5.2.1.3	Rozšíření modelovacích schopností	26
5.2.1.4	Podpora standardizovaných formátů a přenos dat	27
5.2.1.5	Podpora výrobního procesu, komplexnost dat	27
5.2.1.6	Knihovny a výpočty	27
5.2.1.7	Integrace	27
5.2.2	Parametrické 3D objemové modelování	28
5.2.2.1	Náčrt	28
5.2.2.2	Tvorba základní 3D geometrie	29
5.2.2.3	Další úpravy a kosmetické prvky	29
5.2.2.4	Tvorba sestav	30
5.2.2.5	Generování výkresové dokumentace	31
5.2.3	Modelování pomocí ploch	31
5.2.4	Polygonální modelování	32
5.2.5	Hybridní modelování	33
5.2.6	3D digitalizace	33
5.2.7	Zjednodušený postup rekonstrukce lidských tkání pro MKP	34
6	REVERSE ENGINEERING	36
6.1	MOŽNOSTI VYUŽITÍ REVERSE ENGINEERINGU	37
6.2	PRINCIP REVERSE ENGINEERINGU	39
7	SOFTWARE PODPORUJÍCÍ TVORBU 3D GRAFIKY	40
7.1	VYSVĚTLENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	40
7.2	SOFTWARE URČENÉ PRO 3D GRAFICKÝ DESIGN	40

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

8	SOFTWARE URČENÉ PRO CAD SYSTÉMY	41
9	CATIA V5	43
9.1	POPIS PRODUKTU	43
9.2	PLATFORMY	44
9.3	APLIKACE SYSTÉMU CATIA V5	44
9.3.1	Přehled aplikací	45
9.3.1.1	Infrastructure	45
9.3.1.2	Mechanical Design	45
9.3.1.3	Shape	45
9.3.1.4	Analysis & Simulation	45
9.3.1.5	AEC Plant	46
9.3.1.6	Machining	46
9.3.1.7	Digital Mockup	46
9.3.1.8	Equipment & Systems	46
9.3.1.9	Digital Process for Manufacturing	46
9.3.1.10	Ergonomics Design & Analysis	46
9.3.1.11	Knowledgware	47
9.4	PŘÍPONY DOKUMENTŮ VYUŽÍVANÉ SOFTWAREM CATIA V5	47
9.5	OBLASTI PRŮMYSLUVÉHO VYUŽITÍ	48
10	DESIGNCONCEPT 3D	49
10.1	PŘÍPONY DOKUMENTŮ VYUŽÍVANÉ SOFTWAREM DESIGNCONCEPT 3D	49
11	SKENOVÁNÍ FIGURÍNY	52
12	PŘÍPRAVA A ZPRACOVÁNÍ NASKENOVANÝCH DAT	53
12.1	DIGITIZED SHAPE EDITOR	53
12.1.1	Import digitalizovaných dat	53
12.1.2	Vytvoření sítě Mesh	54
12.2	QUICK SURFACE RECONSTRUCTION	57
12.2.1	Vytvoření povrchové kontury a surface	57
13	OVĚŘENÍ VĚROHODNOSTI ROZMĚRŮ FIGURÍNY	58
13.1	APLIKACE KŘIVEK BEZ VYUŽITÍ ZÁJMOVÝCH BODŮ	59
13.2	IMPORT ZÁJMOVÝCH BODŮ NA POVRCH FIGURÍNY	61
14	KONSTRUKCE ŠATŮ S VYUŽITÍM DIGITALIZOVANÉHO MODELU	63
15	KONSTRUKCE ŠATŮ BEZ VYUŽITÍ DIGITALIZOVANÉHO MODELU	65
15.1	KONSTRUKCE DÁMSKÝCH ŠATŮ ŘEŠENÁ PROSTŘEDNICTVÍM BODŮ	65
16	VYUŽITÍ DIGITALIZOVANÉHO MODELU LIDSKÉHO TĚLA	66
16.1	PARAMETRIZACE MODELU LIDSKÉHO TĚLA	67
16.2	DIGITALIZACE LIDSKÉHO TĚLA A CAD SYSTÉMY V LÉKAŘSTVÍ	72
16.2.1	Konstrukce náhrady části lidské nohy	73
16.2.2	Konstrukční řešení modelu náhrady dolní končetiny	74
17	KONSTRUKCE A MODELOVÁNÍ OBJEKTŮ	75
17.1	KONSTRUKCE OBJEKTU ŘEŠENÁ POMOCÍ 2D GEOMETRIE	75
17.1.1	Konstrukce jednotlivých částí brašny	76
17.1.2	Konstrukce brašny hotovená prostřednictvím 3D projekce	78

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

18	PŘÍPRAVA DAT PRO DESIGNCONCEPT 3D	80
19	DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	82
20	ZÁVĚR.....	85
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	86
	SEZNAM PŘÍLOH	89
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	90

REJSTŘÍK OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Bodové snímání povrchu.....	16
Obrázek 2 – Plošné snímání povrchu	16
Obrázek 3 - Snímání povrchu pásem světla	16
Obrázek 4 - 3D skener Microscribe	20
Obrázek 5 - Princip laserových 3D skenerů	22
Obrázek 6 - 2D vazby v náčrtu	28
Obrázek 7 - Použití příkazu vysunutí na předchozí náčrt	29
Obrázek 8 - Použití příkazu rotace na předchozí náčrt	29
Obrázek 9 - Těleso upravené kosmetickými prvky	29
Obrázek 10 - Křivka vytvořená v systému SolidEdge.....	32
Obrázek 11 - Polygonální modelování	33
Obrázek 12 - Skenování systémem ATOS.....	34
Obrázek 13 - Vygenerované body	34
Obrázek 14 - Polygonální síť	35
Obrázek 15 – Automatické generování ploch	35
Obrázek 16 - Importovaná geometrie do výpočtářského MKP programu ANSYS Workbench.....	35
Obrázek 17 - Proces Reverse Engineering.....	36
Obrázek 18 - Časová náročnost na tvorbu počítačového modelu.....	36
Obrázek 19 - 3D model krajiny.....	41
Obrázek 20 - 3D model hrníčku.....	41
Obrázek 21 – ukázka 3D modelu.....	42
Obrázek 22 – ukázka 3D modelu.....	42
Obrázek 23 - ukázka 3D modelu	42
Obrázek 24 – ukázka 3D modelu.....	42
Obrázek 25 - Přípony, které umí CATIA otevřít.....	47
Obrázek 26 - Přípony pro uložení dokumentu.....	47
Obrázek 27 – Přípony pro uložení dokumentu	49
Obrázek 28 - Přípony, které lze otevřít v DesignConcept 3D.....	49
Obrázek 29 - Laserový skener HDS3000.....	52
Obrázek 30 – Import Figuríny	53
Obrázek 31 - Figurína.....	54
Obrázek 32 – Mesh Creation.....	54
Obrázek 33 - Trojúhelníková síť	55
Obrázek 34 - Funkce pro úpravu sítě.....	55
Obrázek 35 - Základní neupravený povrch.....	55
Obrázek 36 - Základní pokrytí.....	56
Obrázek 37 - Označení vadných míst	56

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Obrázek 38 - Upravený povrch.....	57
Obrázek 39 - Ukázka generování automatického povrchu	57
Obrázek 40 - ukázka modelu plochy pomocí křivek	58
Obrázek 41 - Měření boční délky kalhot	59
Obrázek 42 - Měření obvodu sedu	60
Obrázek 43 - Měření obvodu pasu	60
Obrázek 44 - Měření obvodu hrudníku	60
Obrázek 45 - Měření délky rukávu	60
Obrázek 46 - Měření šíře ramene.....	60
Obrázek 47 - Měření délky zad.....	61
Obrázek 48 - Měření obvodu krku.....	61
Obrázek 49 - Měření šíře zad	61
Obrázek 50 - Import zájmových bodů	62
Obrázek 51 - Šíře ramene.....	62
Obrázek 52 - 1/2 Obvodu krku	62
Obrázek 53 - RH	62
Obrázek 54 - Šíře kol. bodů	62
Obrázek 55 - Délka zad	63
Obrázek 56 - Délka rukávu	63
Obrázek 57 - Obvod sedu	63
Obrázek 58 - Obvod pasu	63
Obrázek 59 - Konstrukce šatů	64
Obrázek 60 - Konstrukce šatů	64
Obrázek 61 - Model šatů	64
Obrázek 62 - Model šatů	64
Obrázek 63 - Konstrukce dámských šatů	65
Obrázek 64 - Konstrukce dámských šatů	65
Obrázek 65 - Ukázka plošného pokrytí	66
Obrázek 66 - Plošné pokrytí šatů	66
Obrázek 67 - Plošné pokrytí šatů	66
Obrázek 68 - Parametrizace digitalizovaného modelu	67
Obrázek 69 - Parametrizace modelu a následná optimalizace	68
Obrázek 70 - Průběh zpracování digitalizovaného modelu lidské postavy	68
Obrázek 71 - Optimální model lidského těla vygenerovaný z více různých typů postav	69
Obrázek 72 - Modelové úpravy jednoho typu lidského těla - žena	70
Obrázek 73 - Tělesné rozměry jednotlivých modelů - žena	70
Obrázek 74 - Modelové úpravy jednoho typu lidského těla - muž	71
Obrázek 75 - Tělesné rozměry jednotlivých modelů - muž	71
Obrázek 76 - Počítačový model silikonové náhrady.....	72
Obrázek 77 - Fyzický model - Rapid Prototyping.....	72
Obrázek 78 - Ukázka aplikace silikonové náhrady	73
Obrázek 79 - Ukázka silikonové náhrady	73
Obrázek 80 – Konstrukce křivek	74
Obrázek 81 - Doplnění plošným pokrytím	74
Obrázek 82 - Model zmenšené části a původní.....	74
Obrázek 83 - model tělesné náhrady	74
Obrázek 84 - Model tělesné náhrady	74
Obrázek 85 - Hotový tvar ZD brašny	76
Obrázek 86 - Konstrukce ZD brašny	76

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

<i>Obrázek 87 - Konstrukce spodní a 2/3 boční části brašny.....</i>	<i>76</i>
<i>Obrázek 88 – Hotový tvar spodní a 2/3 boční části brašny.....</i>	<i>77</i>
<i>Obrázek 89 - Konstrukce vrchní části brašny (pro zdrhovadlo).....</i>	<i>77</i>
<i>Obrázek 90 – Hotový tvar vrchní části brašny (pro zdrhovadlo).....</i>	<i>77</i>
<i>Obrázek 91 - Konstrukce kapsy a části PD</i>	<i>77</i>
<i>Obrázek 92 - Hotový tvar kapsy a části PD</i>	<i>77</i>
<i>Obrázek 93 - Konstrukce středové části PD.....</i>	<i>78</i>
<i>Obrázek 94 - Hotový tvar středové části PD.....</i>	<i>78</i>
<i>Obrázek 95 - Konstrukční řešení ZD a spodní části.....</i>	<i>78</i>
<i>Obrázek 96 - Konstrukční řešení vrchní části</i>	<i>78</i>
<i>Obrázek 97 - Konstrukční řešení vrchní části</i>	<i>79</i>
<i>Obrázek 98 - Konstrukční řešení vrchní části</i>	<i>79</i>
<i>Obrázek 99 - Konstrukční řešení PD - boční části</i>	<i>79</i>
<i>Obrázek 100 - Konstrukční řešení PD středové části a kapsy.....</i>	<i>79</i>
<i>Obrázek 101 - Brašna pro notebook</i>	<i>79</i>
<i>Obrázek 102 - Import digitalizované figuríny</i>	<i>81</i>
<i>Obrázek 103 - Import modelu autosedačky.....</i>	<i>81</i>
<i>Obrázek 104 - Import modelu dámských šatů</i>	<i>81</i>

REJSTŘÍK TABULEK

<i>Tabulka 1 – Hodnoty skutečného modelu.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 2 – Hodnoty digitalizovaného modelu.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 3 – Hodnoty digitalizovaného modelu.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabulka 4 – Hodnoty skutečného modelu.....</i>	<i>62</i>

1 ÚVOD

V současnosti využití výpočetní techniky našlo uplatnění snad ve všech oborech lidské činnosti. Jen stěží bychom dnes hledali odvětví, ve kterém se výpočetní technika žádným způsobem nevyskytuje a nevyužívá. S rostoucími nároky na užívání kvalitních a výkonných softwarů se zvyšují i požadavky na kvalitní hardwarové vybavení. A právě toto platí zejména v oblasti, kde jsou využívány CAD/CAM systémy pro tvůrčí práci v oblasti konstruování a modelování 3D objektů s využitím právě již zmiňovaných CAD systémů.

Bezesporu nejsilněji je toto odvětví zastoupeno v oblasti strojírenského průmyslu a to zejména v části, která je zaměřena na problematiku a řešení konstrukce veškerých částí a designu spojených s aplikací do automobilové výroby.

Dnes se již na trhu vyskytuje nezměrné množství softwarů, které jsou schopny zpracovat i tu nejsložitější součástku jakéhokoliv modelu, a to od jejího 2D návrhu, neboli skici, až po úplné modelové řešení zobrazené v trojrozměrném prostředí, neboli ve 3D rozměrovém zobrazení.

Ale nejen pro řešení složitých konstrukčních úloh jsou tyto programy určeny. Dnes se již téměř na každém kroku můžeme setkat s prvky, které byly vytvořeny pomocí programů, které pracují s 3D konstrukcí a 3D grafikou. Tyto prvky se vyskytují všude kolem nás, např. v reklamě, filmu, počítačových hrách, na plakátech či internetu. Oblastí, pro které se práce v těchto specializovaných programech již stala neodmyslitelnou součástí každého dne, je již velké množství. A tedy cílem této diplomové práce bude především osvětlit základní principy užívané v grafickém a konstrukčním světě 3D objektů a následnou možnou aplikaci do oblasti textilního a oděvního průmyslu se zaměřením zejména na hodnocení 3D tvarů lidského těla.

2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je seznámit se s problematikou ohledně možností využití 3D grafických a konstrukčních programů v oblasti hodnocení 3D tvaru objektů a následně prakticky navrhnout možnou aplikaci do oblasti textilního a oděvního průmyslu se zaměřením zejména na hodnocení 3D tvarů lidského těla.

Veškeré praktické aplikace budou prováděny prostřednictvím softwaru CATIA V5, ve kterém také bude zpracována převážná část experimentu. Cílem této části je zejména importovat naskenovaná data do programu, provést následnou modelaci, ověřit věrohodnost modelu se skutečným objektem a vytvořit konstrukci objektu bez využití digitalizace. Takto připravená data pak budou následně převedena do vhodného formátu pro další možné využití v programu DesignConcept 3D.

S touto problematikou je také úzce spojen i vývoj a možnosti využití různých skenovacích zařízení, která jsou schopny takto složité objekty, jako jsou části těla, zachytit a převést do digitální podoby. Část této práce je tedy také věnována řešerši zaměřené právě na problematiku s tímto tématem úzce spjatou.

Neméně tak je důležité osvětlit princip technologií Virtual Prototyping a Reverse Engineering, na jejichž principu jsou založeny funkce CAD/CAM systémů a práce s digitalizovaným modelem.

TEORETICÁ ČÁST

V teoretické části je hodnocena problematika oblasti zaměřující se na práci s CAD/CAM systémy. V krátkosti popisuje význam zkratek, které s touto oblastí úzce souvisí, hodnotí vývoj, principy a možnosti využití 3D skenerů. Dále popisuje principy digitalizace a osvětluje problematiku Reverse Engineering.

Jelikož je konstrukce objektů řešená prostřednictvím 3D systémů založená na principu geometrického modelování, budou dále osvětleny některé principy geometrie, na jejichž základu CAD systémy dané konstrukční úlohy řeší.

Tato část se také lehce dotýká problematiky různých softwarových možností, které mohou být využity při práci s 3D grafickými objekty.

3 CO JE TO CAD / CAM / CAE / PDM?

CAD – Computer Aided Design, označuje veškerou počítačovou podporu konstrukce. Je to nástroj k vytvoření a optimalizaci konstrukčního návrhu prostřednictvím počítače. CAD zahrnuje počítačovou grafiku, uživatelský interface a geometrické modelování.

CAM – Computer Aided Manufacturing, označuje počítačem podporovanou výrobu. Zkratka označuje software (nebo obor) pro řízení či automatizaci výroby, např. obráběcích strojů, robotů.

CAE – Computer Aided Engineering, označuje počítačem podporované konstruování. Zkratka označující software nebo obor pro technické výpočty a navrhování. Zahrnuje obvykle CAD, NC programování, nástroje pro plánování a řízení kvality.

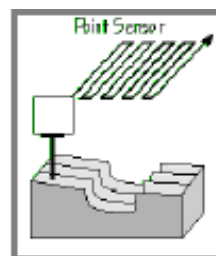
PDM – Product Data Management. Zkratka označuje elektronickou správu dat o výrobku, tyto dokumenty obsahují veškerá data týkající se výrobku [9].

4 VSTUPNÍ ZAŘÍZENÍ CAD SYSTÉMŮ

4.1 Vývoj 3D skenerů

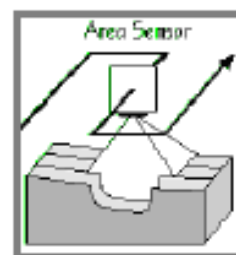
Vývoj 3D skenerů je úzce spojen s vývojem výpočetní techniky a také se zvyšujícím se výkonem počítačů schopných reálných 3D zobrazení. V prvních pokusech o 3D digitalizaci byla největší překážkou složitost prostorového povrchu a jeho měření v prostoru. V 80. letech minulého století byla vyvinuta dotyková sonda, pomocí které, bylo možné vytvářet detailní modely. Hlavní nevýhodou této sondy však byla velmi pomalá digitalizace. Proto se další vývoj zaměřil na optickou technologii digitalizace, která je ve srovnání s dotykovou sondou mnohem rychlejší [2].

Povrch předmětů byl chráněn, jelikož skener pracující na optickém principu nevyžadoval kontakt s povrchem skenovaného předmětu. Pomocí těchto skenerů bylo možné snímat také měkké předměty. Opticky se dá snímat povrch třemi způsoby: Snímání povrchu s vyzařováním bodu, plochy nebo pásu světla. Bodové snímání (obr. č. 1) je z těchto tří principů nejpomalejší, jelikož vykryje naráz pouze malou plošku povrchu. Tedy na pokrytí celého povrchu je třeba vykonat mnoho pohybů [2].



Obrázek 1 - Bodové snímání povrchu

Vyzařování plochy světla (obr. č. 2), je náročnější metoda, pomocí které, lze skenovat povrch těles. Dokáže však najednou zachytit poměrně velkou část povrchu snímaného objektu. Avšak pro její náročnost byla velmi málo využívána mezi skenery při jejich vývoji. Dnes se tato metoda v optických systémech používá [2].



Obrázek 2 – Plošné snímání povrchu

Vyzařování pásu (obr. č. 3), je založené na principu snímání skupiny bodů procházejících nad povrchem snímaného objektu. Jde o méně náročný způsob snímání povrchu než u snímání plochy a také méně pracný než je princip snímání bobu. Tato technologie splňuje



Obrázek 3 - Snímání povrchu pásem světla

všechny požadavky na rychlost a přesnost, která je vyžadována při skenování povrchu. Proto se vývoj optických skenerů soustředil zejména na další rozvoj této technologie [2].

Mezi první využití 3D skenerů patřilo snímání lidské postavy. V 80. letech minulého století společnost Cyberware Laboratories se sídlem v Los Angeles uvedla na trh skener hlavy. Využíval se zejména pro animaci ve filmovém průmyslu. Tento skener byl v polovině 90. let minulého století upravený tak, aby bylo možné skenovat celé tělo. V tomto období se tedy začaly 3D skenery využívat i pro jiné aplikace. V roce 1994 nastal výrazný pokrok v oblasti 3D skenování. Skener REPLIKA vyráběný firmou 3D scanners byl schopen s velkou přesností a rychlostí skenovat i detaily předmětů [2].

Následně společnost Digibotics uvedla na trh laserový skener, jehož funkce byla založena na principu snímání bodu pomocí laserové technologie. Tato skutečnost však způsobovala pomalejší průběh skenování. Tomuto skeneru chybělo 6 stupňů volnosti, proto tedy nedokázal pokrýt celý povrch předmětu a také nedokázal zachytit jeho barvu [2].

Společností Immersion a Farao Technologies byly uvedeny na trh levné manuální digitizéry, které byly schopné vytvářet 3D modely. Jejich nevýhodou však bylo pomalé skenování a též neschopnost zachycení barevnosti povrchu snímaného objektu [2].

Roku 1996 společnost 3D Scanners vytvořila skener ModelMaker. Skener je založen na principu propojení technologie vyzařování pásu a technologie pro ruční ovládání. Jednalo se o první 3D skener, který splňoval požadavky na přesnost, rychlost a schopnost zachytit barvu skenovaného objektu. Jako první byl schopen vytvářet reálné modely skutečných objektů během několika minut [2].

4.2 Možnosti využití 3D skenerů

V současné době rostou požadavky na rychlé získání digitální podoby nejrůznějších objektů. Od strojních součástí přes lidské tělo až po budovy. I přes možnosti využití 3D skenerů v jiných oborech se 3D skenery nejčastěji využívají

v oblasti strojního průmyslu. 3D skenery mají svoje zastoupení i v medicíně či kosmetickém průmyslu, např. firma Procter & Gamble tuto technologii využívá pro zjišťování účinku krémů na vrásky. V technické praxi najdou uplatnění při měření deformací nebo při montáži přesných zařízení. S velkým rozvojem internetu vzniká nový problém, a to jak nejlépe prezentovat výrobek na internetové stránce. Řešením je opět použití 3D skeneru a vytvoření vhodné vizualizace. I přes možnosti využití v jiných oborech se 3D skenery nejčastěji používají ve strojírenské výrobě. Proces přenosu reálné součásti do 3D dat má odborný název Reverse Engineering a mnoho způsobů využití. Současní špičkový designéři vytvářejí své návrhy v podobě hliněných modelů, které je pro potřeby výroby nutné převést do CAD aplikací, a to je možné pouze s použitím technologie 3D skenování. Tohoto způsobu vytvoření geometrie se nejvíce využívá v automobilovém průmyslu, kde se pracuje s velmi složitými křivkami, jejichž vymodelování je téměř nemožné. Neopomenutelnou oblastí využití je vytvoření modelu staré součástky bez výkresové dokumentace v případě, že je potřeba tuto součástku vyrobit jako náhradní díl. Dalším důležitým odvětvím využití 3D skenerů je měření odchylek. Žádná výrobní metoda není absolutně přesná a 3D data od původního návrhu po vyrobení součásti projdou tolika transformacemi, že je třeba ověřit, zda konečný výrobek odpovídá zcela přesnému původnímu návrhu. Zejména u komplexních plechových dílů jako je karoserie se může stát, že výsledek neodpovídá zcela přesnému původnímu návrhu. Proces ověřování technologie se nazývá CAI - Computer Aided Inspection. 3D skener nasnímá prostorová data konečného výrobku a díky speciálnímu programu je pak možné porovnat naměřené hodnoty s původním CAD modelem. Následně pak pomocí barevného spektra lze zvýraznit odchylky nebo přímo vyčíslit jejich hodnotu [6].

4.3 Principy digitalizace

Výstupní veličinou z prostorové digitalizace je soubor 3D bodů. Nazývá se cloud of points, neboli mrak bodů. Takový soubor je možné generovat řadou 3D digitizérů a skenerů, které lze členit dle několika hledisek. Druhy skenerů jsou děleny do dvou základních skupin, a to dle principu technologie snímání. Jedná se o technologii kontaktního snímání, kterou využívají 3D digitizéry a stacionární souřadnicové měřicí

systémy CMM (Control Measuring Machine), a zařízení pro digitalizaci, od 3D desktop (stolní), až po systémy pro měření objektů až několik metrů velkých. Druhá skupina pojednává o technologii bezkontaktního snímání. Skenery pracují nejčastěji na laserovém nebo optickém principu. Tyto přístroje mají značnou produktivitu a vytváří hustou síť bodů. Všechny uvedené typy přístrojů jsou vhodné pro snímání vnější geometrie. Existují však i systémy pro snímání geometrie vnitřní. Dále je možné rozdělit zařízení určené pro 3D digitalizaci podle toho, zda jde o stacionární (skenované těleso se musí dopravit k zařízení) nebo mobilní systém (zařízení lze přenášet). Zařízení je možné také rozdělit dle stupně dosahované přesnosti skenování [6].

4.4 Druhy skenerů rozdělené dle technologie snímání

4.4.1 Dotykové skenery

Dotykové skenery potřebují fyzický kontakt s povrchem objektu. Hrotem skeneru jsou snímány charakteristické křivky povrchu. Složením všech nasnímaných křivek je pak následně definována plocha, a tedy celkový tvar a povrch předmětu. Dotykové skenery jsou dále děleny do skupiny mechanických skenerů a skenerů destruktivních [2,6].

4.4.1.1 *Mechanické skenery*

Tento typ skenerů je značně rozšířený, zejména díky svým dobrým vlastnostem a díky relativně nízké ceně. K přenesení ručně vymodelovaných skutečných tvarů (např. z plastelíny) do prezentační digitální podoby ho využijí lidé navrhující design výrobků (automobilový průmysl, letecký průmysl, zábavní průmysl aj.). Animátoři si usnadní práci s překreslováním pohybu jednoduchých postaviček tím, že všechny polohy jednoduše naskenují a dále už jen pouze rozpohybují v animačním programu, přičemž se stále pohybují v oblasti trojrozměrné grafiky. Dnešním trendem v průmyslu počítačových zábavních programů jsou 3D hry. I v této oblasti se najde uplatnění pro mechanický 3D skener, který usnadní programátorům zrealizovat představu v praxi. Nevýhodou mechanických skenerů je velká pracnost při získávání dat a relativně malá přesnost (řádově desetiny mm). Mechanické skenery patří mezi skupinu dotykových.

Skládají se ze základny, hrotu a několika ramen, která jsou spojena klouby. Tato konstrukce připomíná stavbu lidské ruky. V kloubech se nachází senzory, které zaznamenávají polohu a natočení každého ramene. Pomocí těchto senzorů systém rozpozná polohu každého nasnímaného bodu [2,6].

Před použitím mechanického skeneru je vhodné si skenovanou součástku připravit. Vyznačí se body, které nejlépe vystihují tvar předmětu. Počet a umístění těchto bodů je úměrné tvarové členitosti povrchu. Výstupem snímání jsou body a křivky dané souřadnicemi X, Y a Z. Mechanický skener nedává informace o textuře povrchu, ale pouze o jeho tvaru. Dosahuje přesnosti v okolí desetin milimetru. Výhodou je nižší cena oproti skenerům, které jsou založeny na jiném principu snímání. Využití mechanických skenerů je uplatněno zejména v oblasti tvorby designu, animace a počítačových her. Příkladem mechanického skeneru je zařízení Microscribe 3D (obr. č. 4) od firmy Immersion Corporation, zařízení Renscan 350 nebo zařízení Cyclone [2,6].



Obrázek 4 - 3D skener Microscribe

4.4.1.2 *Destruktivní skenery*

Destruktivní skener je schopen zachytit nejen vnější, ale i vnitřní geometrii předmětu. Umožňuje digitalizovat i složité tvary a dutiny, které jsou uvnitř skenované součástky. Před použitím destruktivního skeneru je třeba nejprve předmět připravit. Zalévá se pomocí speciálního materiálu, který zabezpečuje vysoký kontrast barvy materiálu s předmětem, a slouží také pro vyplnění všech dutin. Takto připravený blok

je následně vložen do skeneru a přichycen pomocí frézy. Další průběh skenování je již automatický. Fréza odstraní velmi tenkou vrstvu zalitého předmětu a skenovací systém přitom nasnímá nově vzniknutý povrch. Tímto způsobem nepostupně odfrézuje celý zalitý blok obsahující předmět. Poslední krok spočívá v transformaci 2D nasnímaných údajů jednotlivých vrstev, do 3D modelu. Destruktivní skener má oproti laserovým a optickým výhodou v tom, že dokáže digitalizovat i vnitřní část předmětů. Nevýhodou však je celé zničení součástky [2,6].

4.4.2 Bezdotykové skenery

Bezdotykové skenery již nevyžadují fyzický kontakt s povrchem objektu. Jejich výhodou je kvalitnější výstup, menší časová náročnost skenování a schopnost vytvořit hustější síť bodů i v místech, kde se hrot dotykového skeneru obtížně dostane [2,6].

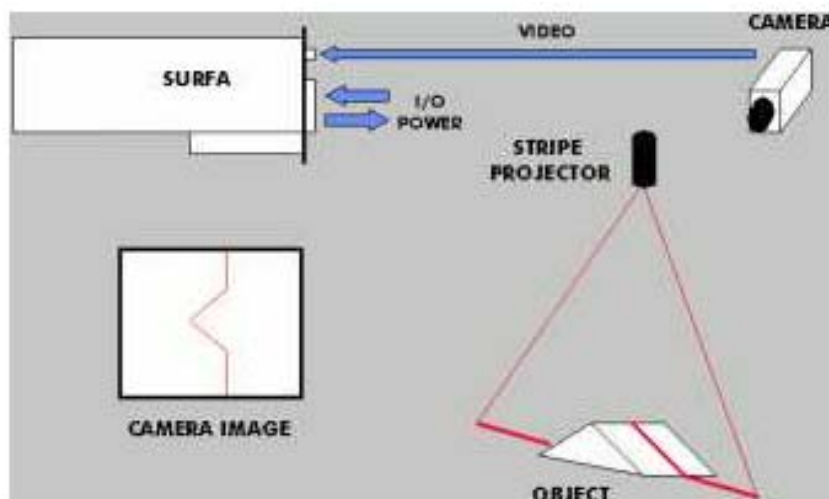
4.4.2.1 *Optické skenery*

Optické skenery pracují na principu bezdotykového snímání. Digitalizují vnější povrch a jsou schopny rozpoznat také texturu povrchu. Před samotným snímáním je třeba povrch objektu nejprve připravit. Na povrch je třeba umístit tzv. značky, které slouží k přesnějšímu zachycení tvaru povrchu. Opticky lze snímat dvěma způsoby. Pomocí kamery nebo fotoaparátu. Při použití kamery je nutné objekt nejprve nasvítit pomocí projektoru, který vysílá pásy světla. Ty kopírují povrch předmětu a zároveň jsou snímány kamerou. Pomocí pásů světla a značek systém rozpozná povrch snímaného objektu. Při použití fotoaparátu nelze hýbat kalibrační měrkou, která je umístěna vedle snímaného předmětu. Skenovaný předmět je nafocen z různých úhlů. Pomocí značek si systém poskládá získané fotografie do prostorového zobrazení. Díky měrce systém rozpozná vzdálenosti nafocených bodů. Větší množství, nebo hustota fotografií pak zaručuje vyšší kvalitu celého procesu. Optický skener lze také využít jako měřicí zařízení sloužící k zachycení průběhu deformace či vibrace při statickém i dynamickém zatěžování předmětu. Nevýhodou optických skenerů je problém s rozpoznáním díry, která neprochází celým předmětem. Příkladem systému pracujícím optickou technologií snímání je Atos (Advanced Topometric Sensor) [2,6].

4.4.2.2 Laserové skenery

Laserové skenery jsou schopny zachytit tvar vnějšího povrchu, aniž by došlo k jakémukoliv fyzickému kontaktu mezi skenerem a skenovaným objektem. Laserový skener využívá vlastností vysílaného laserového paprsku, který vysílá na povrch skenovaného předmětu. Po odrazu od povrchu se následně vrací zpět do skeneru, který pak vyhodnotí úhel a dobu, za kterou se paprsek vrátí. Čas, za který se paprsek vrátí zpět, poskytuje informaci o vzdálenosti skenovaného bodu a úhel návratu o naklonění daného bodu. Na základě těchto údajů je systém schopen rozpoznat geometrii skenovaného místa. Tímto způsobem je nasnímán celý povrch. Hustota laserového paprsku určuje kvalitu digitalizovaného modelu. Tento postup zachytí však pouze geometrii povrchu, nikoliv však jeho texturu. Pro získání textury se používá spojení laserové technologie s optickou. Laserový skener má, oproti optickému, výhodu v tom, že je schopen rozpoznat oblast, kde se na povrchu vyskytuje díra, která není průchozí celým předmětem. Nevýhodou laserových skenerů je jejich vysoká cena. Příkladem systému využívajícího technologie laserových paprsku je např. Surveyor 3D Laser Digitizing System [2,6].

Na obrázku č. 5 je znázorněn princip laserového snímání 3D skenerů.



Obrázek 5 - Princip laserových 3D skenerů

4.4.2.3 *Ultrazvukové skenery*

Ultrazvukové skenery patří do skupiny nedestruktivních bezkontaktních mobilních skenerů. Skenování je realizováno pomocí ultrazvukové sondy ve tvaru pistole. Skener vysílá ultrazvukový signál, který systém přeloží do 3D souřadnic, a ty jsou následně přeposlány do CAD programu. Oproti skenerům založených na jiné technologii snímání mají nejnižší cenu, ale jsou i méně přesné. Přesnost se pohybuje v rozmezí 0,3 - 0,5 mm. Příkladem ultrazvukového skeneru je např. systém Freepoint od firmy Science Accesories [2,6].

4.4.2.4 *Rentgenové skenery*

Rentgenové skenery patří do skupiny nedestruktivních bezkontaktních mobilních skenerů. Technologie skenování je založená na principu rentgenového záření. 3D rentgenový skener pracuje stejným způsobem jako rentgeny využívané v lékařském prostředí. Rozdílem je použití vyšší intenzity rentgenového záření. Pomocí 3D rentgenových skenerů se digitalizuje vnitřní geometrie podobně jako u destruktivních skenerů. Výhoda této technologie však spočívá v tom, že součástka při skenování není zničena. Nevýhodou rentgenových skenerů je jejich neschopnost zachytit barvu skenovaného objektu. Využívají se zejména při kontrole uzavřených nádob, potrubí a kotlů [2,6].

5 VIRTUAL PROTOTIPING

Pojem Virtual Prototyping je možné chápat několika způsoby. Slovo VIRTUAL lze přeložit jako virtuální, myšlený, zdánlivý, fiktivní. Slovo PROTOTYPING je průběhovým tvarem slova PROTOTYPE, což lze přeložit jako pravzor, prototyp, model. Spojení slov tedy může znamenat myšlený vzor, zdánlivý model, virtuální prototyp. V oboru strojírenství se pod tímto pojmem rozumí vytváření digitálních modelů (nejen geometrických) součástí, jejich kontrola a analýza (pevnostní, dynamická, řešení kinematiky, únavy apod.), simulace provozních stavů, propojení na ostatní části počítačové podpory navrhování strojních součástí a výrobků. Cílem této oblasti je vytvářet takové modely výrobku, které dají konstruktérovi, technologovi, ale i

manažerům, prodejcům a vedení firmy představu o budoucím výrobku, o jeho funkčnosti, o jeho fyzikálních vlastnostech a chování v provozních podmínkách a konečně i o vyrobitelnosti. Virtuální prototypy jsou tedy definovány jako počítačová simulace technického problému a jeho subsystémů. Stupeň funkčního chování je srovnatelný s odpovídajícími fyzickými prototypy. Virtuálním prototypováním lze zredukovat počet fyzických modelů, nebo i zcela vyloučit jejich použití [14].

Náklady na stavbu fyzických modelů stoupají s narůstajícími geometrickými rozměry nezávisle na počtu detailů. Např. v automobilovém průmyslu je to použití fyzických prototypů s rozměry až do cca 10 m, podle druhu vozidla, v leteckém průmyslu dosahují rozměry modelů až 50 m. U investičních celků a zařízení je systém fyzických modelů sotva realizovatelný a virtuální prototypování se nabízí jako zvláště výhodná technologie [14].

5.1 Rozdělení na CAD a CAE

Virtual Prototyping se skládá ze dvou hlavních celků, které reprezentují tvorbu modelu a simulaci provozních stavů. Prvním je oblast CAD a druhým oblast CAE [14].

Primárním cílem CAD je vytvořit digitální geometrický model, který reprezentuje reálný výrobek nebo prototyp. Reprezentace může být realizována např. 2D zobrazením průmětů (klasický Autocad), 3D parametrickým modelem (parametrické modeláře), pomocí ploch nebo polygonální sítí a jejich kombinací. Lze konstatovat, že kromě geometrického popisu jsou neméně důležité informace o fyzikálních vlastnostech modelu, o prostorové poloze dílů, barvě a povrchu modelů, o kinematice a dynamice soustav apod. Tyto informace jsou v CAD systémech stále více zastoupeny a CAD se částečně prolíná do oblasti CAE a oblasti CAM. U velkých CAD programů hovoříme o přímé integraci do PLM s podporou CAD/CAM/CAE/PDM [14].

CAE systémy pracují s digitálními daty, vytvořenými v CAD programech, nebo unikátně přímo v daném výpočtářském a simulačním programu. Často bývají integrovány přímo do CAD programu jako jednoduchý modul pro konstruktéry a návrháře. Tato oblast se již několik let velmi rychle rozvíjí a přestává být doménou pouze specialistů a výpočtářů. Na druhé straně se pro řešení složitých komplexních

úloh a simulací předpokládá podrobnější znalost problematiky a teoretický základ. Zvláště interpretace výsledků vyžaduje především zkušenosti v dané oblasti. CAE simulační systémy pracují na základě MKP (metoda konečných prvků) nebo MKO (metoda konečných objemů). Využívají numerická řešení soustav rovnic a stojí na teoretickém a matematickém základě. Lze tak simulovat řadu fyzikálních, technických a mezioborových úloh a problémů, např. mechanické namáhání, teplotní úlohy, elektromagnetismus, kinematiku a kolize v sestavách, dynamiku soustav s vazbou na MKP, modální analýzu, proudění plynů a kapalin a další. V oblasti programů určených pro konstruktéry je směr vývoje určen integrací simulačních a konstrukčních programů do jednoduchého a uživatelsky přívětivého celku. Návrhář nebo konstruktér tak dostává potřebné informace na jisté úrovni přesnosti, které mohou být dále podrobněji zpracovány výpočtářem. Velké výpočetní a simulační programy vyžadují odbornost v dané problematice [14].

5.2 CAD

Počítačová podpora konstruování umožňuje zaznamenat a vizualizovat konstruktérovy představy a myšlenky v podobě digitálních dat. Prakticky se jedná o geometrický zápis 2D nebo 3D geometrie. 2D geometrie představuje nejjednodušší formu záznamu informací o budoucím výrobku. Avšak neposkytuje komplexní a kompletní informace o technickém objektu. S ohledem na další využití digitálních dat v životním cyklu výrobku je vytvoření 3D geometrie výhodnější, i když často náročnější [14].

5.2.1 Současné trendy v CAD systémech

Především je nutné si uvědomit, že směr vývoje CAD aplikací je dán několika předními vývojářskými firmami. Také záleží na výběru daného řešení, jedná-li se o produkt z oblasti „velkých“ systémů nebo např. 2D řešení. Přesto je možné shrnout vývoj v posledních letech do několika bodů [14].

5.2.1.1 *Modulární členění programu*

Strojírenské CAD systémy jsou často dodávány jako jednotlivé specializované moduly. Mezi nejčastější moduly patří:

- geometrické modelování dílu
- tvorba sestav
- plechové díly
- kabeláže
- potrubní systémy
- vizualizace
- tvorba výkresové dokumentace
- MKP
- dynamika aj.

CAD systém se tak snaží konstruktérovi co nejvíce pomoci s ohledem na technologie a přípravu výroby. Výhodou je možnost platit jen za to, co se bude reálně používat [14].

5.2.1.2 *Adaptivní modelování*

Geometrie součásti je vytvářena na základě již existujících dílů v sestavě. Rozměry (tvar) jsou odvozeny od jiných dílů. Např. průměr díry je odvozen od průměru čepu. Díly v sestavě se pak „adaptivně“ aktualizují při změnách parametrů [14].

5.2.1.3 *Rozšíření modelovacích schopností*

Modelování geometrie již není striktně rozdělováno na objemové, plošné, polygonální atd. Dochází k fúzi jednotlivých přístupů. Uživatel tak není omezen možnostmi jednotlivých přístupů, ale uvažuje o modelu jako o obecné geometrii, jejíž popis je však stanoven jednoznačným zápisem. Takto koncipovaný CAD je pak schopen

reagovat na mezioborové požadavky (např. strojírenství-stavebnictví, strojírenství-design, vazba na reverzní inženýrství apod.) [14].

5.2.1.4 *Podpora standardizovaných formátů a přenos dat*

Každý výrobce CAD systému má vlastní datový formát. To však zabraňuje výměně dat mezi programy různých výrobců. Tato situace je řešena buď dohodou firem o podpoře formátů, tedy je možné v jednom systému ukládat data do formátu systému jiného, nebo použitím standardizovaných datových formátů (STEP, IGS, SAT, STL atd.). Bohužel tyto formáty nejsou schopny přenášet vnitřní strukturu modelu (parametry, vazby, fyzikální vlastnosti apod.), a dokonce mění i samotnou geometrii (např. chybou při převedení geometrie, konverze geometrie do jiného způsobu zápisu apod.) [14].

5.2.1.5 *Podpora výrobního procesu, komplexnost dat*

3D digitální data jsou s výhodou využívána pro přípravu technologických dat a výrobu. Na základě znalosti geometrického popisu objektu je možné provádět simulace výrobních procesů (generování NC kódu, simulace kování, odlévání, rapid prototyping a další) a inženýrské výpočty. Moderní CAD musí umět vytvářet geometrii s ohledem na technologické a výrobní požadavky. Model neobsahuje jen geometrická data. Může v sobě nést i další informace, např. barva a struktura povrchu, fyzikální a materiálové vlastnosti a další. Tyto informace jsou pak využity v dalších etapách [14].

5.2.1.6 *Knihovny a výpočty*

Použití normalizovaných součástí při vývoji výrobku znamená především snížení nákladů na výrobu. Konstruktor by se neměl zdržovat modelováním katalogových součástí, ale měl by využívat připravených knihoven materiálů, součástí a konstrukčních prvků [14].

5.2.1.7 *Integrace*

Pokročilé CAD systémy jsou dnes již mnohem více než geometrickým modelářem. Vývojářské firmy dodávají stále kvalitnější oborově zaměřené moduly,

které díky jednoduchosti ovládání poskytují komplexní řešení. Tyto systémy jsou označovány jako CAD/CAM, CAD/CAM/CAE/PDM a podobně. Jsou to vlastně komplexní řešení, často postavená z jednotlivých modulů přímo pro potřeby zákazníka. Nezanedbatelná je podpora PLM (Product lifecycle management). Každý rok znamená ve vývoji CAD programů významné posunutí kupředu a setkáváme se s mnoha inovativními kroky, vývojem nových nástrojů, novými přístupy. Vývojářské firmy se snaží prosadit v konkurenčním prostředí a není výjimkou, že jsou během roku vyvinuty 2-3 nové verze daného programu [14].

5.2.2 Parametrické 3D objemové modelování

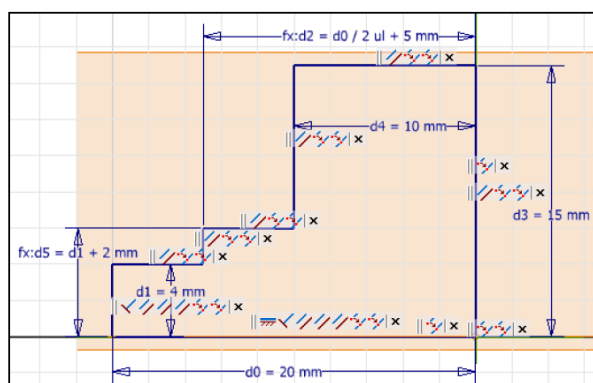
Nejčastější modelovací postupy, užívané zejména ve strojírenství, vychází v podstatě ze znalosti výrobních technologií, konstrukčního procesu a charakteru vyráběných součástí. Standardní modelování budoucího dílu probíhá v zásadě v několika hlavních krocích:

1. Náčrt
2. Tvorba základní 3D geometrie
3. Další úpravy a kosmetické prvky
4. Tvorba sestav
5. Generování výkresové dokumentace

Dále následují případné kroky s ověřením návrhu (inženýrské analýzy, vizualizace, export do jiných CAx programů apod.) [14].

5.2.2.1 Náčrt

Nejprve je nakreslen základní nebo výchozí tvar. V průběhu kreslení jsou vytvářeny tzv. vnitřní vazby. Ty může uživatel modifikovat, vytvářet nové nebo mazat (obr. č. 6). Vazby zaručují vnitřní konzistentnost



Obrázek 6 - 2D vazby v náčrtu

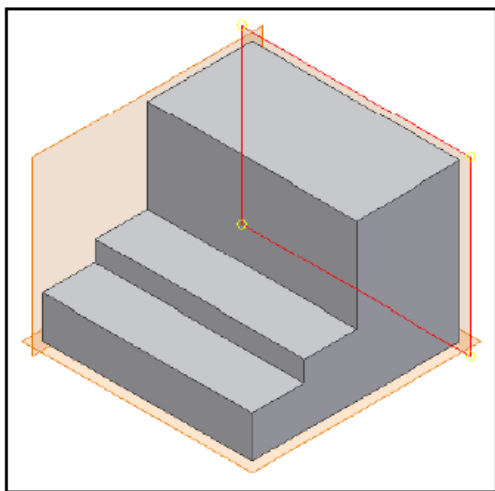
geometrie při rozměrových změnách [14].

2D vazby v náčrtu mají stejnou úroveň významnosti jako kóty. To znamená, že např. vazba kolmost zaručuje mezi dvěma úsečkami úhel 90° . Vytvoření úhlu 60° pomocí kóty je pak nemožné. A to platí i obráceně [14].

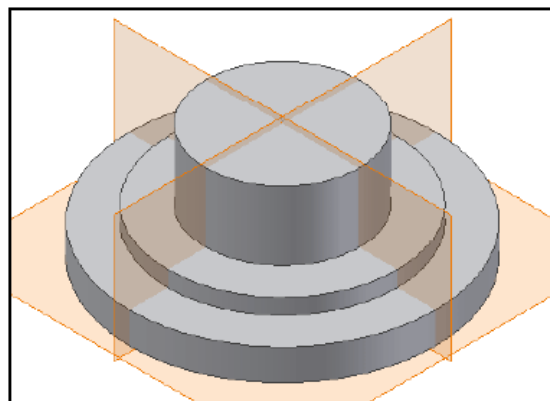
5.2.2.2 Tvorba základní 3D geometrie

Dalším krokem je vytvoření objemového tělesa z náčrtu. K dispozici je většinou několik základních operací. Na obrázku č. 7 je vidět použití příkazu *Vysunutí* (nebo např. Vytáhni, Přidej apod.) [14].

Použitím příkazu *Rotace* (obr. č. 8) na stejný náčrt dostáváme tvarově odlišné těleso. Je možné např. vytvářet přechodová tělesa mezi několika náčrtu, táhnout náčrt po dané trajektorii, vytvářet žebra apod. Záleží na daném programu, jak strukturuje příkazy a jakými geometrickými operacemi disponuje [14].



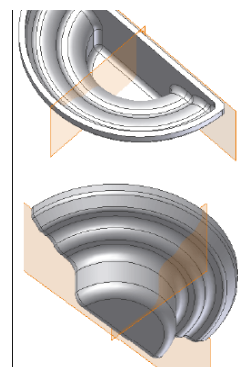
Obrázek 7 - Použití příkazu vysunutí na předchozí náčrt



Obrázek 8 - Použití příkazu rotace na předchozí náčrt

5.2.2.3 Další úpravy a kosmetické prvky

Objekt je dále upravován buď přidáváním dalších náčrtů a jejich vzájemnou interakcí, nebo pomocí kosmetických prvků (zaoblení, zkosení, zešíkmení, rozdělení apod., viz obr. č. 9). Tyto kosmetické prvky nepotřebují k tvorbě geometrie vlastní náčrtu a pracují s již existující



Obrázek 9 - Těleso upravené kosmetickými prvky

geometrií. Bez kreslení dalších náčrtů lze však dosáhnout i poměrně odlišného tvaru [14].

Tvůrce modelu by měl při vytváření 3D geometrie postupovat s ohledem na výrobní technologii. Zvláště jedná-li se o odlitky, výkovky nebo výrobky zhotovené vstřikováním nebo vakuovým tažením plastů apod. Geometrie pak může být komplikovaná a tvorba modelu značně časově náročná [14].

Velkou výhodou je pak právě parametrizace. Tak jako kóty (parametry) v náčrtu existují parametry geometrických operací. Úhel rotace, hodnoty vysunutí, poloměr, tloušťka skořepiny, počet prvků v poli jsou parametry a lze je kdykoliv změnit [14].

Parametrické CAD systémy standardně používají stromový zápis postupu tvorby modelu (často označován jako strom, prohlížeč, prvky součásti apod.). Uživatel tak přesně ví, v kterém okamžiku vzniká daná geometrie. Pořadí operací určuje výsledný tvar. Každou operaci lze editovat. Měnit parametry je často možné v tabulce, která obsahuje všechny vytvořené kóty a parametry [14].

Pravidla postupu modelování jsou v každém programu odlišná, avšak filozofie a princip jsou většinou stejné nebo podobné [14].

5.2.2.4 Tvorba sestav

Jednotlivé díly jsou načítány do sestav, případně podsestav. Sestava je v podstatě soubor, který v sobě nese informaci o umístění jednotlivých dílů na disku nebo na serveru, o jejich vzájemné poloze a 3D vazbách mezi díly. Kromě sestavování již vymodelovaných dílů lze díly v sestavě vytvářet, a to i na základě již existujících dílů. Nová součást tak může ke své stavbě použít hrany nebo promítnuté křivky, pracovní roviny a další prvky z jiných součástí (adaptivní modelování). Sestava umožňuje uživateli zjišťovat potřebné konstrukční informace [14].

- **Detekce kolizí** – lze zjistit, které komponenty nebo celé konstrukční skupiny pronikají do jiných dílů nebo sestav
- **Fyzikální vlastnosti** – např. zjištění hmotnosti sestavy

- **Kinematika** – lze ověřit pohyb komponentů, nastavit mezní polohy, detekovat interakci mezi komponenty
- **Soupis součástí** – kolik je v sestavě vloženo stejných typů dílů (vazba na výkresovou dokumentaci)

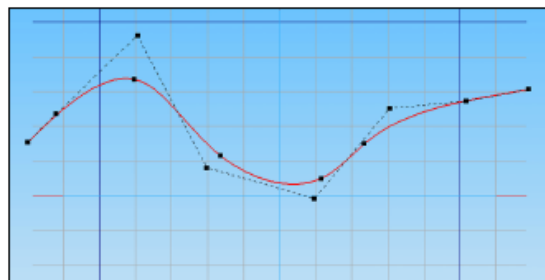
5.2.2.5 Generování výkresové dokumentace

Výkresová dokumentace je v případě 3D parametrických modelářů generována z geometrie součástí nebo sestav. Hlavní vlastností takto vytvořeného výkresu je provázanost s modelem. To znamená, že dojde-li ke změně geometrie 3D modelu, změní se i pohledy a průměty modelu ve výkresové dokumentaci. Nevýhodou generování výkresové dokumentace z 3D digitálního modelu je přesné dodržení tvaru, což v některých případech odporuje zavedeným normám a systému značení. Např. ozubená kola se ve výkresové dokumentaci značí pouze patní, roztečnou a hlavovou kružnicí, případně s jedním prokresleným zubem. V 3D parametrických modelářích je výkres odvozen o 3D digitálního modelu kola s vymodelovanými zuby, které se zobrazí i na výkrese. Tuto situaci lze řešit různě. Např. smazáním přebytečných hran, nebo vytvořením makra apod. Parametrické modeláře umožňují automaticky generovat některé výkresové prvky jako např.: kusovníky a seznamy součástí, pozicování, generování os, vyplňování razítek a další. Uživatel má možnost měnit kótovací styly a způsob značení. Záleží vždy na výrobcí CAD programu, jaké možnosti uživateli povolí, jaké normy jsou k dispozici a do jaké míry výrobce reaguje na změny v oborových normách [14].

5.2.3 Modelování pomocí ploch

Modelování pomocí ploch patří společně s objemovým modelováním k nejčastěji používaným technikám nejen ve strojírenství. Je možné uvést oblasti automobilového průmyslu, leteckého a kosmického průmyslu, ale i oblast koncepčního modelování, průmyslového designu apod. Uživatel pracuje primárně s úsečkami a křivkami. Tyto entity jsou pak použity pro generování ploch. Plochy mohou vzniknout vysunutím nebo rotací křivky, tažením křivky po jiné křivce, tažením profilové křivky po dvou trajektoriích tvořených křivkami nebo jako přechodová plocha generovaná ze tří nebo čtyř křivek apod. [14].

Základním prvkem je tedy křivka (nebo úsečka, viz obr. č. 10). Křivka se zadává pomocí řídících bodů, které křivku definují. V počítačové grafice jsou křivky rozděleny na interpolační a aproximační.



Obrázek 10 - Křivka vytvořená v systému SolidEdge

Interpolační křivka (nejčastěji Hermitovské křivky) prochází všemi

danými body. Aproximační křivka (dle typu) však tvořícími body procházet nemusí. Např. NURBS křivky prochází počátečním a koncovým bodem. Ostatní body vytváří tzv. řídící polygon. Body řídícího polygonu mohou ovlivnit tvar křivky, aniž by byly přemístěny a to např. váhovou funkcí, koncovými směrovými vektory atd. Některé systémy umožňují modifikovat křivky buď pomocí bodů ležících na křivce, nebo pomocí řídícího polygonu. Mezi nejčastěji používané aproximační křivky patří Coonsovy kubiky, Bézierovy křivky, Nurbs křivky (NURBS - Non Uniform Rational B-spline), Hermitovské kubiky (Fergusonovy kubiky) atd. [14].

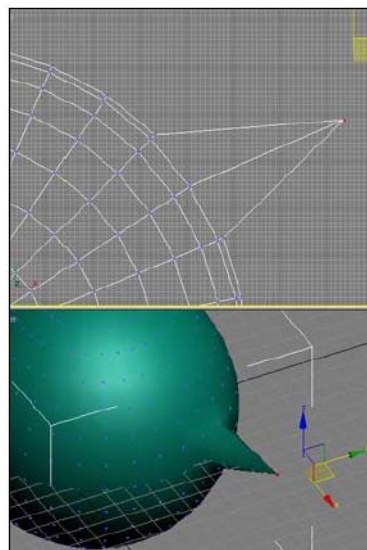
Pomocí křivek a ploch lze vytvářet komplexní geometrii, kterou by nebylo možné dosáhnout v objemových strojírenských modelářích. Jedná se především o oblasti leteckého a automobilového průmyslu, kde jsou tyto modelovací přístupy uplatněny [14].

Většina plošných modelářů disponuje speciálními příkazy pro deformaci geometrie. Např. zkroucení tvaru, ohnutí dle křivky, zužování apod. [14].

5.2.4 Polygonální modelování

Polygonální modelování se převážně využívá pro vytváření modelů v herním a zábavním průmyslu, pro tvorbu obecné geometrie, živých organismů, filmové animace, pro modelování nereálných objektů apod. Ve strojírenství, je tento způsob využívám např. pro zpracování naskenovaných prostorových dat [14].

Polygon je n-stranná plocha, která je definovaná skupinou seřazených vrcholů a hran. Polygonální objekt je skupinou těchto polygonů. Polygonálními objekty mohou být základní primitiva nebo plochy, ale i velmi tvarově komplikované objekty, které vzniknou např. převedením primitiv, nebo NURBS (Non Uniform Rational B-Splines) ploch [14].



Obrázek 11 - Polygonální modelování

Modelování pak probíhá na základě operací pracujících s jedním nebo se skupinou polygonů (obr. č. 11). Používají se operace jako zkroucení, ohnutí, natažení, vytahování a další. Jejich výsledkem je geometrie, které lze jen velmi obtížně dosáhnout konvenčními obráběcími a tvářecími procesy. Velký význam má polygonální modelování v oblasti designu [14].

5.2.5 Hybridní modelování

Programy umožňující hybridní modelování disponují řadou pokročilých nástrojů. Umí souběžně zpracovávat objemovou, plošnou a polygonální geometrii a často podporují práci se skenovanými daty. Využití tohoto hybridního modelování lze najít především v automobilovém průmyslu, kde se využívá kombinace NURBS modelovacích postupů v kombinaci s polygonální geometrií získanou 3D skenováním existujícího modelu nebo výrobku. U některých CAD aplikací se můžeme setkat s označením „flexibilní hybridní modelování“ [14].

5.2.6 3D digitalizace

Další možností je získání geometrie z již existujícího fyzického výrobku nebo modelu. To umožňují skenovací metody reverzního inženýrství (Reverse Engineering). 3D skenery je možné rozdělit z několika hledisek:

- nedestruktivní a destruktivní
- dotykové a bezdotykové
- stacionární a mobilní

- pro snímání vnější geometrie
- snímání vnější i vnitřní geometrie

Destruktivní skenery jsou schopny nasnímat i vnitřní geometrii za cenu zničení modelu. Mezi nejčastěji používané typy 3D digitizérů patří optické (obr. 12), laserové, mechanické nebo magneticko-rezonanční. Výběr skeneru určuje požadovaná přesnost (pro strojírenské účely setiny až tisíce milimetru). Dalším faktorem je rychlost



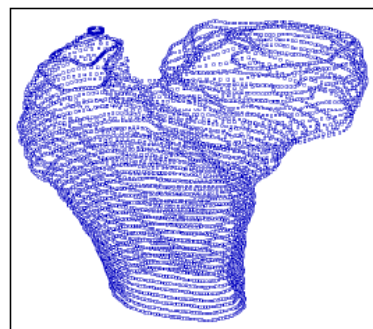
Obrázek 12 - Skenování systémem ATOS

snímání objektu a pracovního prostoru (rozměrově až desítky metrů). Data jsou pak dále zpracována na polygonální síť programem, který dokáže pracovat s nasnímaným mrakem bodů. Následně je možné vytvořit křivky nebo plochy a sestavit digitální model výrobku. Ten je pak exportován do nějakého standardního formátu (IGS, VDA, STEP, STL, DXF), který je dostupný pro CAD systémy [14].

5.2.7 Zjednodušený postup rekonstrukce lidských tkání pro MKP

Zajímavou úlohou je digitalizace lidských tkání na živém subjektu. Skenování probíhá po vrstvách a výsledkem jsou jednotlivé řezy v podobě obrázků. Z křivek jsou následně vyjmuty interpolační body a uloženy do txt souboru. Tento soubor obsahující 3D souřadnice bodů slouží jako vstupní mrak bodů (cloud of points) pro generování polygonální sítě (mesh) [14].

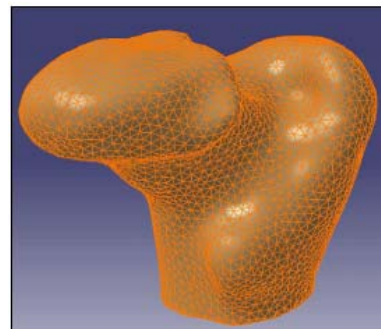
Body je třeba dále zpracovat a upravit. Prvním krokem bývá jejich filtrace, odstranění duplicit nebo bodů, které leží blízko sebe pod stanovenou hranicí. Dále je generována polygonální síť. Zde velmi záleží na vstupních datech. Pokud je mrak bodů dostatečně hustý, je generování polygonů většinou bezproblémové (viz obr. č. 13). V případě řezů v jednom směru však



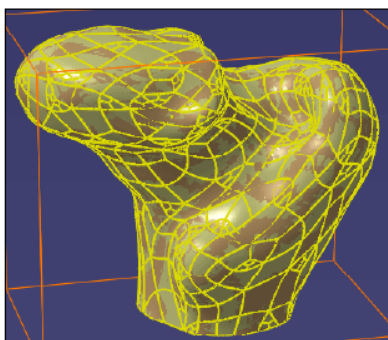
Obrázek 13 - Vygenerované body

mohou data chybět nebo být nedostatečná [14].

Vygenerovanou polygonální síť je možné dále upravovat. Mezi základní úpravy patří analýza geometrie, zalepení děr v síti, optimalizace sítě apod. Síť nesmí obsahovat non-manifoldní vrcholy a hrany. Upravování polygonální sítě může mít za následek zneřádnění geometrie. Záleží na uživateli, do jaké



Obrázek 14 - Polygonální síť



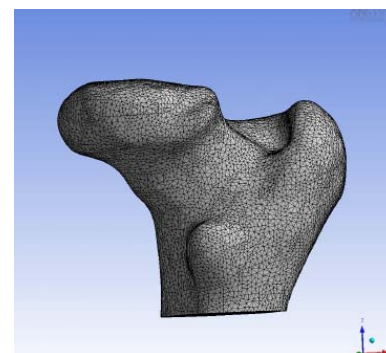
Obrázek 15 – Automatické generování ploch

modelu. Lze využít např. automatické generování ploch (obr. č. 15), jaké umožňuje systém CATIA [14].

Program automaticky rozdělí polygonální síť a vygeneruje v rámci zadané tolerance plochy. Značně se tím zkrátí tvorba plošného modelu oproti „ručnímu“ vytváření ploch. CATIA umožňuje provést MKP analýzu bez nutnosti geometrický model ukládat do dalšího datového formátu [14].

V případě potřeby je ale možné plochy exportovat např. do formátu IGS, který lze načíst do jiného CAE programu (obr. č. 16). Zde je proveden výpočet pomocí MKP a plocha vysítována na jednotlivé prvky. Další úpravou může být získání objemu ořezáním ploch [14].

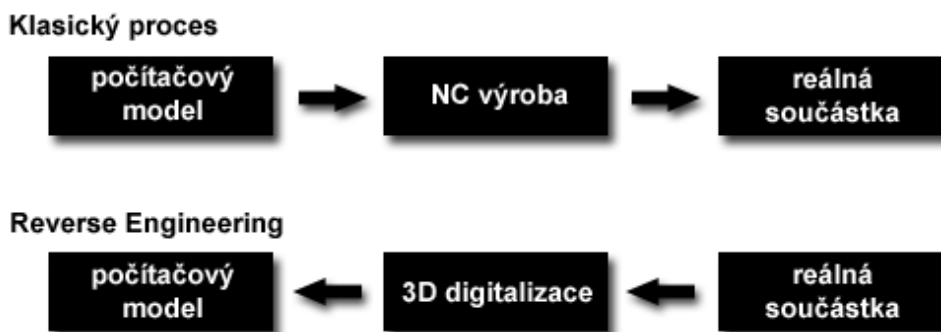
Reprezentace těles a tvorba geometrie jsou popsány v příloze č. 1.



Obrázek 16 - Importovaná geometrie do výpočtářského MKP programu ANSYS Workbench

6 REVERSE ENGINEERING

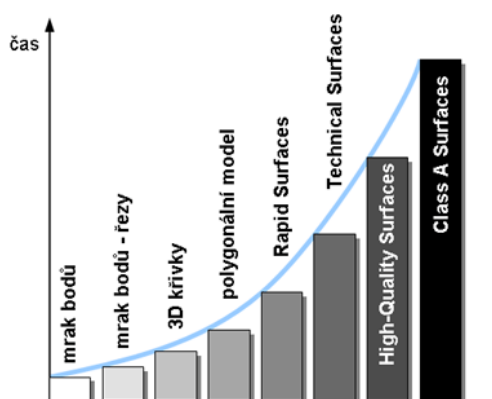
V posledních několika letech se stále častěji vyskytují pojmy jako 3D digitalizace nebo Reverse Engineering. Je tomu tak nejen proto, že hardware i software dosáhl v tomto směru velkých pokroků, ale také díky tomu, že stále více odborníků si uvědomuje, že nejjednodušším a nejrychlejším řešením jejich problémů je právě využití těchto moderních technologií. Klasický strojírenský proces vychází z CAD modelu a končí výrobou součástky. Proces Reverse Engineering je přesně opačný, na začátku je reálná součástka a ta se převádí do digitální podoby (obr. č. 17) [6].



Obrázek 17 - Proces Reverse Engineering

Fáze převodu reálné součásti do digitální podoby se nazývá 3D digitalizace, nebo také měření či skenování, a zařízení k tomu potřebné 3D skener, 3D měřicí zařízení nebo digitizér. Počítačový model může mít v tomto případě několik podob:

1. Mrak bodů
2. Mrak bodů - řezy v požadovaných místech
3. Polygonální model
4. Plošný model - Rapid Surfaces
5. Plošný model - Technical Surfaces
6. Plošný model - High-Quality Surfaces
7. Plošný model - Class A Surfaces



Obrázek 18 - Časová náročnost na tvorbu počítačového modelu

Jednotlivé typy plošných modelů se od sebe liší přesností, hladkostí a napojením ploch. V praxi jsou nejčastěji požadovány polygonální modely a plošné modely v kvalitě Technical Surfaces - tečné napojení, odchylka od mraku bodů 0,15mm [6].

Na obrázku č. 18 je znázorněn průběh časové náročnosti na tvorbu počítačového modelu.

6.1 Možnosti využití Reverse Engineeringu

Důvodů proč využívat Reverse Engineeringu je hned několik. Základním kritériem je absence 3D digitálního modelu, tj. pokud je k dispozici pouze výkres, 2D CAD model nebo reálná součástka. Pod pojmem Reverse Engineering je možné si představit vytvoření 3D digitálního modelu z modelu reálného. Toto nalézá uplatnění např. v případě, že je třeba převést do 3D prostředí CADu součástku, která byla již dříve navržena v podobě 2D výkresů, její výroba je stále aktuální a je potřeba ji buď modifikovat, nebo přejít na výrobu CAD/CAM systémy. Dále je možné tuto součástku nechat analyzovat speciálními softwary pro pevnostní analýzu, které v době návrhu ještě nebyly k dispozici, a ověřit tak správnost výpočtu a předpokladů konstruktéra [6].

Pokud je potřeba opravit staré zařízení, jako např. zemědělský stroj nebo automobilový veterán, či pokud se má zprovoznit nějaký nefunkční mechanismus exponátu v muzeu, dá se využít možností, které v sobě skýtá aplikace Reverse Engineeringu také. U většiny takových starých zařízení se totiž nedochovávají technické podklady, podle kterých by bylo možné chybějící nebo poškozenou součástku vyrobit [6].

V moderním průmyslovém odvětví, jako je automobilový průmysl, se Reverse Engineeringu využívá při kontrole designového návrhu karoserie automobilu. V první fázi designér navrhne tvary, které modeluje na reálném hliněném modelu. Tento hliněný model, který je většinou zhotoven v měřítku 1:1, je pomocí 3D skeneru převeden do CAD prostředí. Digitální 3D model karoserie, který byl takto získán, je možné pomocí speciálního CAD/CAM softwaru přetransformovat na výrobní data, která jsou pak následně odeslána do výrobních zařízení. Zde se vyrobí zkušební série

plechů, které se opět digitalizují pomocí 3D skeneru. V poslední fázi se porovnává shoda mezi návrhem designéra a vyrobeným vzorkem. Případné neshody se upravují na úrovni transformace dat do CAD/CAM systému [6].

U kontroly designu se jedná o porovnávání složitých prostorových křivek, což by bylo prakticky nemožné bez použití moderních technologií Reverse Engineeringu. Tyto technologie se dají využít i v případě, že kontrola výrobku není složitá, ale časově náročná. Jde např. o kontrolu rozměrů výrobku při hromadné nebo velkosériové výrobě, kde by manuální přeměření i každé desáté součástky dělníkem znamenalo velké časové prodlevy a finanční ztráty. S využitím 3D skenerů, které pracují mnohem rychleji než dělník, se může každá vyrobená součástka nasnímat, porovnat s teoretickým 3D modelem a v případě neshody ze série vyřadit. Jelikož se celý proces může dít zcela automaticky, časová prodleva závisí pouze na rychlosti, s jakou je hardware schopný porovnat vstupní a teoretická data. Moderní systémy jsou schopny u součástky vyhodnotit např. správnost hlavních rozměrů, souřadnice středu děr nebo otvorů, geometrické tolerance jako kruhovitost, rovnoběžnost, kolmost a v neposlední řadě také normálové úchyly u obecných tvarů. Nevýhoda takové kontroly spočívá v tom, že můžeme kontrolovat pouze to, co se dá naskenovat pomocí nedestruktivních 3D skenerů, většinou optických nebo laserových, tedy pouze vnější viditelné tvary. Podle typu použitého skeneru se mění přesnost snímání objektu, proto je nutné zvážit požadavky na přesnost skeneru pro daný typ součástky [6].

Reverse Engineering se využívá i ve filmovém průmyslu nebo reklamě. V tomto případě se jedná o tzv. volné modelování. Často se skenují např. linie rysů obličeje pro různé trikové záběry. Tyto křivky se přenesou do softwaru, který většinou pracuje na bázi polygonálních sítí. Takto reprezentovaný matematický model je poměrně jednoduchý a snadno modifikovatelný. V případě obličeje se na rozdíl od strojírenských aplikací neklade tak velký důraz na přesnost, tolerance se pohybuje v rozmezí 0,1 až 1mm. Jako nejvíce viditelný příklad použití Reverse Engineeringu ve filmovém průmyslu je vytvoření pohybujících se 3D modelů prehistorických zvířat ve filmu Jurský park, kde zvířata byla nejprve vymodelována jako skutečné makety, poté naskenována 3D skenerem a animována ve speciálním softwaru [6].

6.2 Princip Reverse Engineeringu

Prvotním předpokladem pro použití Reverse Engineeringu je existence reálné součástky, ať už se jedná o prototyp nebo náhodně vybranou součástku z velké výrobní série, kterou je třeba převést do CAD systému. Tato součástka se pak digitalizuje pomocí vhodné skenovací technologie [6].

Hardwarem potřebným k digitalizaci jsou 3D skenery. Téměř vždy se používají 3D nedestruktivní skenery, které součástku při skenování nezničí. Nejčastěji používanými typy těchto skenerů jsou optické, laserové, mechanické nebo magneticko-rezonanční, které jsou schopné zachytit i vnitřní tvary součástky. Volba typu skeneru závisí většinou na požadavcích, které jsou kladeny na přesnost shody mezi reálným a digitalizovaným modelem. Hlavním kritériem je tedy přesnost skeneru. U strojírenských součástek je požadována přesnost poměrně vysoká, pohybující se v setinách až tisícinách milimetru. U ostatních aplikací je tento požadavek již nižší [6].

Další fází je zpracování naskenovaných dat. K tomu slouží speciální programy určené pro práci se získaným mrakem bodů a k modifikaci obecných ploch. Jako vstupní formát dat se používá textový soubor s oddělenými prostorovými souřadnicemi jednotlivých bodů, nebo standardizované formáty VDA a ASCII. Tyto programy mohou s body pracovat jako s úsečkami, polyčarami nebo křivkami n -tého řádu. Software umožňuje zvolit vhodný řád plochy tak, aby aproximace bodů byla co nejpřesnější a nejrealističtější. Plocha, která je však přesně vyhlazená, nemusí postihovat tvarové detaily povrchu, které mohou být funkčně důležité, proto je důležité zvolit kompromis mezi přesností a hladkostí plochy. Po provedení všech operací, týkajících se vytvoření ploch z naskenovaného mraku bodů, následuje export dat do některého z výstupních formátů, např. IGS, VDA, STEP, STL, DXF, které jsou podporované většinou CAD aplikací [6].

V CAD programu se takto vymodelovaná součástka chová jako kterýkoliv jiný 3D model, ovšem bez historie vzniku. Nyní je možné vytvořit chybějící výkresovou dokumentaci, modifikovat rozměry nebo tvar, provádět pevnostní, dynamické nebo

kinematické analýzy, začlenit součástku do již existující sestavy. Lze ji také využít pro virtuální model přístupný na internetu nebo se může připravit pro výrobu na CNC strojích [6].

7 SOFTWARE PODPORUJÍCÍ TVORBU 3D GRAFIKY

7.1 Vysvětlení základních pojmů

3D Grafika – odlišuje se od 2D grafiky v tom, že trojrozměrné vyjádření geometrických dat je uloženo v počítači za účelem vykonání výpočtů a renderování 2D obrázků. Tyto obrázky mohou být později zobrazovány a sledovány v reálném čase [8].

Rendering – je tvorba reálného obrazu na základě počítačového modelu. Rendering obsahuje v závislosti na softwaru mnoho parametrů a nastavení, kterými lze ovlivnit konečný vzhled scény [8].

3D scéna – trojrozměrná scéna se skládá z objektů, světla a kamery. Ta reprezentuje polohu pozorovatele. Scéna může mít i různé fyzikální vlastnosti (gravitaci, vítr, ...) a stejně tak každý objekt může mít své vlastní lokální atributy (hmotnost, ...). Tyto údaje se používají zejména při simulacích pohybu objektů a jejich interakci [8].

7.2 Softwary určené pro 3D grafický design

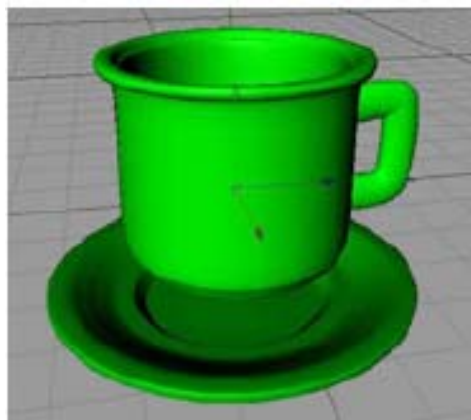
V současnosti se na trhu vyskytuje rozmanitá škála programů, které jsou určeny pro úpravu a zpracování 3D grafiky. Návrhové programy pro práci v simulovaném 3D prostředí na displeji počítače jsou v posledních letech velice oblíbené mezi studenty, širokou veřejností i profesionály.

Pracovní prostředí je promítnuto do tzv. trojrozměrné scény, která je hlavním pracovním prostředím určeným pro modelování objektů. Prvotním krokem při vytváření modelu je jeho navržení a následná modelace. Dále je třeba model zanimovat a renderovat (pokrýt povrch modelu texturou) [7].

Do skupiny programů určených pro zpracování 3D grafiky patří např. Cinema 4D, Maya, 3D Studio Max aj. Na obrázku č. 19 a 20 jsou znázorněny ukázky konečného zpracování 3D grafiky.



Obrázek 19 - 3D model krajiny



Obrázek 20 - 3D model hrníčku

8 SOFTWARE URČENÉ PRO CAD SYSTÉMY

Také nabídka softwarů určených pro zpracování technické dokumentace a modelů je velmi široká. Nejen ve strojním průmyslu je v současnosti využíváno velké množství programů, které jsou schopny zpracovat jak 2D, tak 3D konstrukční řešení nejrůznějších druhů návrhů, a to na velmi vysoké úrovni.

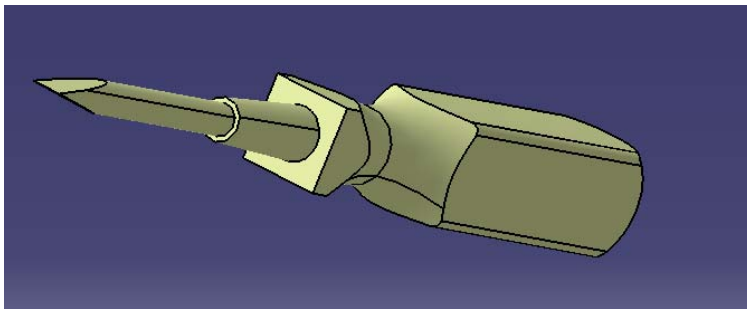
Nesporným kladem využití těchto softwarů je možnost získání informací a ověření si nápadu, než dojde k jeho úplné realizaci. Tím je možné předejít případným chybám a rizikům vad, které by se mohly při samotné výrobě na modelu vyskytnout.

Mezi konstrukční softwary, které jsou ve vysoké míře využívány po celém světě, patří např. Autodesk, který je opatřen různými nastavbovými aplikacemi, takže uživatel může využívat pouze takovou konfiguraci, která je určená přímo pro tvorbu modelu té oblasti, ve které se právě pohybuje. Mezi další velmi rozšířené programy patří také SolidWorks, ProEngineer nebo CATIA V5 Dassault Systemes. Pomocí softwaru CATIA V5 bude dále řešena praktická část diplomové práce.

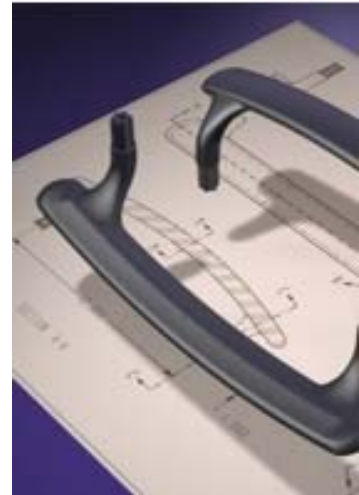
Ukázky různých modelů vytvořených prostřednictvím CATIA V5 jsou znázorněny na obr. 21 – 24.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví



Obrázek 21 – ukázka 3D modelu



Obrázek 22 – ukázka 3D modelu



Obrázek 23 - ukázka 3D modelu



Obrázek 24 – ukázka 3D modelu

9 CATIA V5



9.1 Popis produktu

CATIA V5 je produkt francouzské firmy Dassault Systemes a je distribuován prostřednictvím firmy IBM a jejích obchodních partnerů. Je to software určený pro 3D počítačové konstruování v oblastech CAD / CAM / CAE / PDM [1,4].

CATIA V5 umožňuje pokrýt celý proces životního cyklu produktu - od návrhu, přes konstrukci, simulace, analýzy, až po vlastní výrobu a údržbu. Díky integraci celého procesu a jeho simulaci se snižuje potřeba fyzických prototypů, zkracuje se vývojový cyklus, snižují se náklady a zvyšuje se kvalita konečného výrobku [1,4].

CATIA V5 je "hybridní modelář", což znamená, že kombinuje v jednom modelu jak plošné (surface), tak i objemové (solid) elementy. Právě tato volnost při výběru modelářských technik a možnost je kdykoliv kombinovat činí CATIA V5 tak silným systémem. Velkou výhodou je také možnost nepovinné parametrizace. Díky tomu se konstruktér může rozhodnout, jestli díl parametrizuje a využije tím výhod parametrických modifikací, nebo bude provádět změny prostřednictvím modifikací jednotlivých elementů. Všechny moduly a modelářské techniky jsou integrovány, takže změny jednotlivých modelů či elementů se okamžitě projeví i na souvisejících dílech. Samozřejmostí je podpora tvorby digitálního prototypu (Digital Mock-Up) a souběžného konstruování (Concurrent Engineering) [1,4].

CATIA V5 je systém založený na nových technologiích (OpenGL, Java) a používá tzv. specifikační modelářský systém. Ten umožňuje uchovávat designérské, konstrukční i výrobní specifikace jako součást modelu. Tím, že konstruktérovo i firemní know-how je uchováno v modelu, se usnadňují pozdější změny. CATIA V5 je nezávislá na platformě, je možné ji provozovat jak na UNIX-ových platformách, tak i na platformě Windows. Uživatelské prostředí vypadá na všech platformách stejně [1,4].

9.2 Platformy

CATIA V5 P1 (platforma 1) se zabývá základním modelováním pro malé a střední zpracovatelsky orientované zákazníky, kteří chtějí rozšířit své možnosti tvorby návrhů tak, aby obsáhli digitální definici produktu a etablovali se v e-businessu. Vzhled a způsob ovládání platformy P1 vychází ze samotných Microsoft Windows, což umožňuje lehké zaškolení i obsluhu. Platforma P1 je také řešením pro stávající zákazníky, kteří tak mohou využít mnoho podpůrných oblastí svého podnikání zpřístupněním kolekce CATIA V5 lidem, kteří dříve nemohli 3D modelování provozovat. Platforma P1 v sobě zahrnuje možnost vývoje metodiky pro zákazníka od interaktivního 2D kreslení až po plně digitalizované procesy vývoje produktu [1,4].

CATIA V5 P2 (platforma 2) nabízí zpracovatelsky orientovaným zákazníkům prostředí pro vytvoření digitálního podniku prostřednictvím modelování výrobků, procesů a zdrojů daného podniku. Tím podporuje celý životní cyklus výrobku počínaje návrhem koncepce až po vlastní provoz výrobku. V rámci integrovaného digitálního modelování umožňuje vytvoření hybridního návrhu na základě konstruování v kontextu. Platforma P2 umožňuje tvorbu návrhů na znalostním podkladě, kdy se využívá duševního kapitálu společnosti k podpoře technického myšlení, kreativity a inovace. Díky tomu pak mohou technici rychle opakovaně generovat bezchybné alternativy návrhů. Inovativní uživatelské rozhraní "3D Windows" platformy P2 zvyšuje produktivitu [1,4].

CATIA V5 P3 (platforma 3) přináší specifické funkční vybavy jak zvláštním zákazníkům, tak úsekům rozsáhlých průmyslových komplexů [1,4].

9.3 Aplikace systému CATIA V5

Každá z následujících částí je tvořena s předem definovanou skupinou produktů, odpovídajících nejobvyklejším uživatelským profilům v průmyslových i výrobních oblastech. Každé pracoviště vybavené systémem CATIA V5 může využít možnosti na vlastní specifickou konfiguraci aplikací a může tak vlastnit pouze ty aplikace, které skutečně potřebuje [1].

9.3.1 Přehled aplikací

9.3.1.1 *Infrastructure*

Zahrnuje převodníky mezi CATIA V5 a dalšími standardními formáty. Prostřednictvím Infrastructure je možná i výměna dat s předchozí verzí CATIA. Skupina produktů z oblasti “knowledware” umožňuje uchovávat v modelu konstrukční i jiné specifikace pro pozdější opětné použití nebo modifikace. Infrastructure obsahuje celkem 10 modulů. Mezi důležité patří zejména moduly Product Structure, Material Library, Catia V4, V3, V2, Catalog Editor a Photo Studio [1].

9.3.1.2 *Mechanical Design*

Mechanical Design slouží k rychlému konstruování dílů pomocí převádění 2D konstrukcí na 3D, ve kterých budou zakomponovány jejich drátové modely a základní plošné vlastnosti. Toto posléze umožní vytvoření vazeb mezi jednotlivými díly, a tedy i jejich umístění do správných pozic. Samozřejmostí je zpětná kontrola vzájemné funkčnosti všech vytvořených dílů. Mechanical Design obsahuje celkem 18 modulů. Mezi důležité patří zejména moduly Part Design, Assembly Design, Sketcher a Weld Design [1].

9.3.1.3 *Shape*

Shape slouží k vytváření a modifikaci jakéhokoli typu plochy, počínaje nekonvenčními modely až po strojní plochy. V modulu Shape je možné vytvářet například složité vzorky pneumatik, rozmanité tvary lahví a sklenic. Dále je velmi využíván pro modelování konstrukcí vnitřních panelů v automobilovém průmyslu. Celkově obsahuje 8 modulů. Mezi důležité patří zejména FreeStyle, Sketch Tracer a Generative Shape Design [1].

9.3.1.4 *Analysis & Simulation*

Nabízí produkty pro jednoduché analýzy metodou konečných prvků, určených pro konstruktéry k prvotní analýze jednotlivých dílů nebo sestav. Umožňuje analyzovat

napětí a vibrace. Obsahuje moduly Advanced Meshing Tools a Generative Structural Analysis [1].

9.3.1.5 *AEC Plant*

Umožňuje navrhnout a optimalizovat budoucí výrobní linky v podniku. Tato složka obsahuje pouze jediný modul, a to Plant Layout [1].

9.3.1.6 *Machining*

Nástroj sloužící k plánování, simulování a optimalizaci času a aktivity, která je třeba k opracování výrobku. Obsahuje 6 modulů. Mezi důležité patří Lathe Machining, Prismatic Machining a Surface Machining [1].

9.3.1.7 *Digital Mockup*

Nabízí nástroje určené pro návrh a kontrolu digitálního prototypu a pro simulace jeho funkčnosti. Obsahuje 9 modulů, z nichž důležité jsou zejména: DMU Navigator, DMU Space Analysis a DMU Kinematics [1].

9.3.1.8 *Equipment & Systems*

Moduly pro návrhy a integraci elektrických zařízení, kabelových svazků, tekutinových a mechanických systémů v digitálních maketách při optimalizování přiděleného prostoru. Obsahuje 31 modulů, např. Raceway Design, Conduit Design nebo Hanger Design [1].

9.3.1.9 *Digital Process for Manufacturing*

Obsahuje pouze jeden modul, a to Process Tolerancing & Annotation [1].

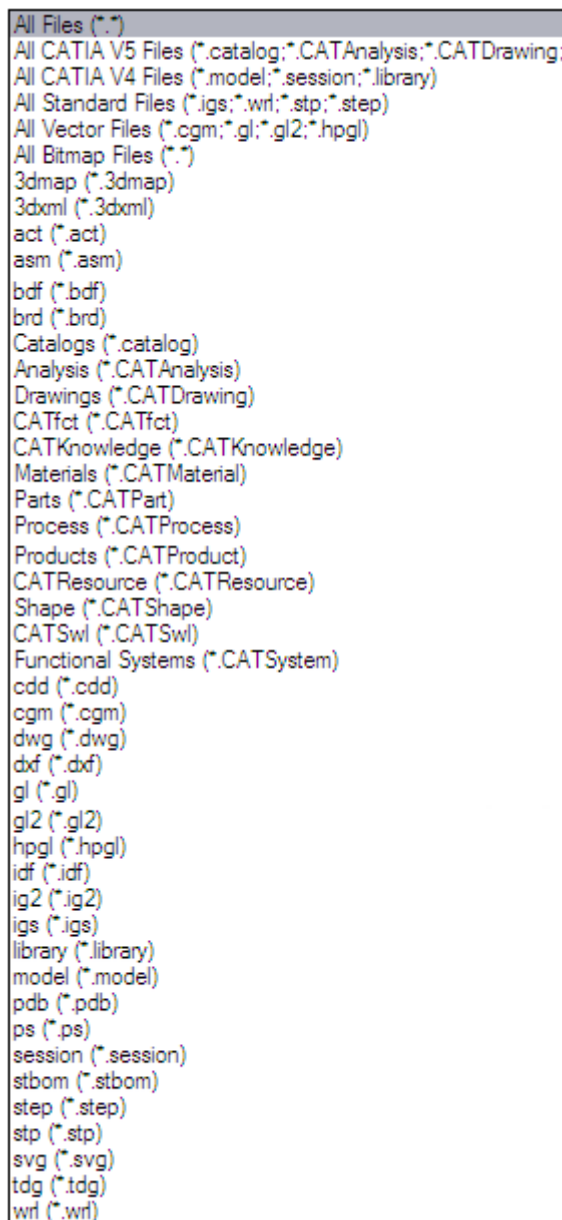
9.3.1.10 *Ergonomics Design & Analysis*

Obsahuje moduly umožňující maximalizaci lidského komfortu a bezpečnosti za pomoci nastavitelné figuríny. Obsahuje 4 moduly, např. Human Measurement Editor [1].

9.3.1.11 Knowledgeware

Obsahuje 6 modulů, např. Knowledge Advisor [1].

9.4 Přípony dokumentů využívané softwarem CATIA V5

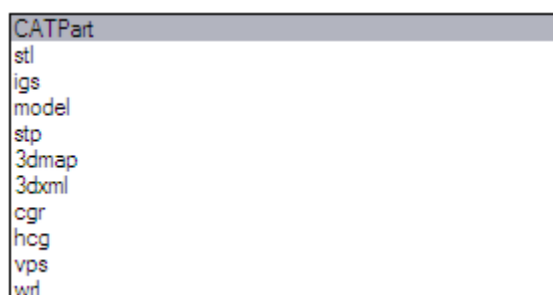


Obrázek 25 - Přípony, které umí CATIA otevřít

Systém CATIA V5 je schopen pracovat s dokumenty, které byly vytvořeny prostřednictvím jiných programů. Takovéto dokumenty jsou většinou uloženy pod odlišnou příponou, která charakterizuje druh vytvořeného dokumentu.

Samozřejmostí je taktéž vytvořené dokumenty zálohovat pro čtení a další práci i v jiných programech. Toho je možné docílit změnou přípony ukládaného dokumentu. Následující obrázky 25 a 26 poukazují na všechny přípony, se kterými je CATIA V5 schopen pracovat.

Na základě tohoto šetření bude zvolen vhodný převod formátu souboru vytvořených modelů, který bude následně využit pro export modelu do programu DesignConcept 3D.



Obrázek 26 - Přípony pro uložení dokumentu

9.5 Oblasti průmyslového využití

V současnosti je systém CATIA V5 velmi rozšířený a je využíván takřka po celém světě. Největší uplatnění našel zejména v oblasti automobilového průmyslu. Je to jeden z tradičních oborů, ve kterém je systém CATIA V5 velmi silný. K jedněm z největších odběratelů patří např. VW, Škoda, BMW, Chrysler a další [1].

K oblastem, kde je systém CATIA V5 také velmi rozšířený, patří i letecký průmysl. Podobně jako v automobilovém průmyslu je i tento na zastoupení CATIA V5 velmi bohatý. Mezi větší uživatele patří např. Boeing, Bombardier a Cesna [1].

V oblasti strojího průmyslu nalezne uplatnění zejména díky svým schopnostem, jako jsou vytváření a práce s velmi rozsáhlými sestavami. Mezi největší uživatele tohoto systému patří např. Staubli, výrobce konektorů a robotové techniky [1].

V průmyslové oblasti spotřebního zboží, se uplatňují obrovské možnosti zejména při modelování plošných povrchů, návrhu a výrobě forem, či také velmi kvalitní rendering. Jeden z příkladů nejznámějších odběratelů je L'Oréal. Tento využívá nástroje CATIA V5 např. pro návrh obalu na šampóny [1].

Také v průmyslu lékařském CATIA V5 nalézá své uplatnění, a to zejména při zhotovení modelu různých částí lidského těla. Pomocí tohoto softwaru lze zhotovit např. modely kloubních náhrad, náhrad chybějících nebo nedostatečně vyvinutých částí těla, zubní náhrady aj.

Jelikož je průmyslové využití CATIA V5 velmi rozsáhlé, část experimentu bude také věnována tvorbě tělesné náhrady dolní končetiny lidského těla.

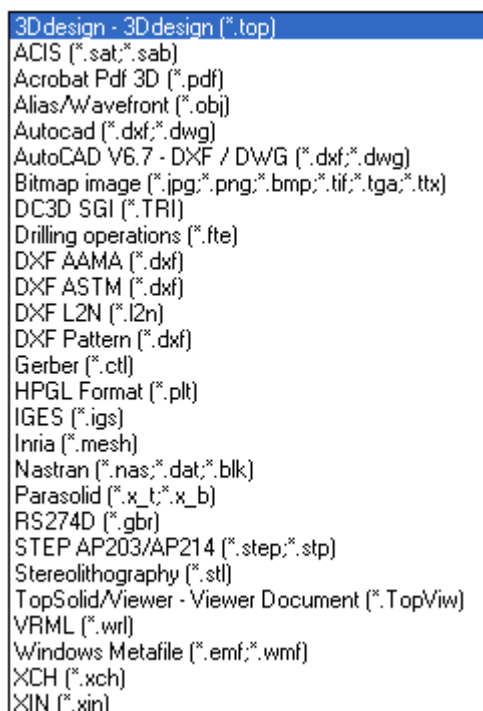
10 DESIGNCONCEPT 3D

Software DesignConcept 3D je určen zejména pro konstrukci a modelování objektů ve 3D zobrazení. Tento program je také určen, mimo jiné, i pro následný rozvin zkonstruovaného povrchu. Díky této funkci tak lze snadno získat všechny potřebné stříhové součásti modelovaného objektu, které jsou třeba pro jeho vlastní zhotovení.

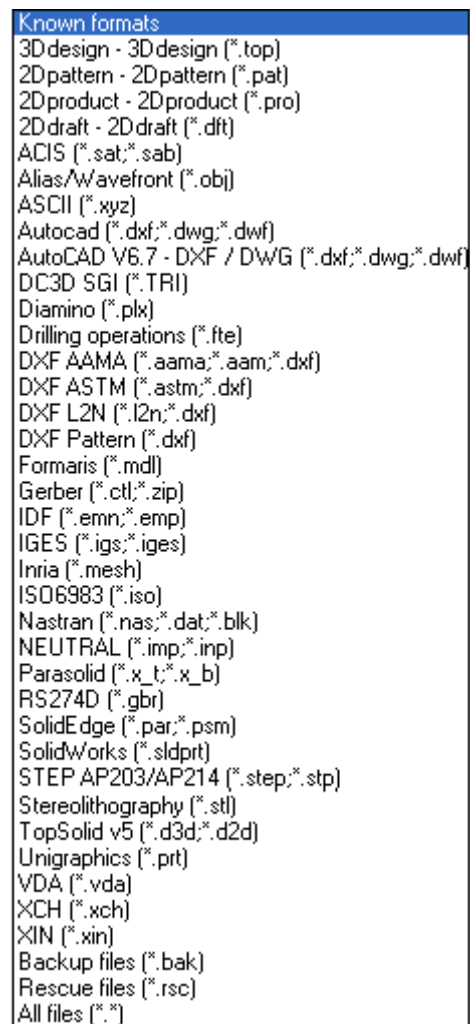
Cílem tohoto experimentu bude nalézt vhodnou příponu pro formát vytvořených modelů systémem CATIA V5, aby bylo možné dále s modely vytvořenými prostřednictvím systému CATIA V5 pracovat v programu DesignConcept 3D.

10.1 Přípony dokumentů využívané softwarem DesignConcept 3D

V následující obrázkové galerii jsou uvedeny přípony souborů, se kterými je DesignConcept 3D schopen spolupracovat.



Obrázek 27 – Přípony pro uložení dokumentu



Obrázek 28 - Přípony, které lze otevřít v DesignConcept 3D

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Na obrázku č. 28 jsou uvedeny veškeré přípony dokumentů, které je DesignConcept 3D schopen otevřít.

Na obrázku č. 27 jsou pak uvedeny přípony dokumentů, se kterými je možné vytvořené modely ukládat pro další práci jak v programu DesignConcept 3D, tak i pro práci v jiných programech.

Díky tomuto šetření bylo zjištěno, že je vhodné ukládat vytvořené modely v systému CATIA V5 s příponou např. lgs, jelikož formát takto uložených souborů je plně kompatibilní s programem DesignConcept 3D, a tedy další práce s vytvořenými modely by tak měla být bezproblémová.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část popisuje problematiku získání a úpravy naskenovaných dat, řeší konstrukční návrhy a práci s digitalizovanými daty a také současné uplatnění naskenovaného modelu částí lidského těla v jiných oblastech průmyslového využití.

Nasnímaná data byla pořízena prostřednictvím firmy Gefos a.s., sídlící v Praze. Pro snímání byl zvolen model figuríny, která byla skenována technologií laserového snímání. Veškeré úpravy a práce s daty jsou prováděny v programu CATIA V5 v aplikaci Shape, jelikož právě tato aplikace je určena pro práci s digitalizovaným modelem.

Základní funkce aplikace Generative Shape Design a Sketcher, ve kterých byly některé konstrukční úlohy řešeny, jsou popsány v příloze č. 5 a 6.

Součástí experimentu je také konstrukce objektu bez využití dat získaných prostřednictvím digitalizace. Pro příklad konstrukce takového modelu bylo využito konstrukční řešení realizované prostřednictvím generování jednotlivých bodů a konstrukční řešení založené na principu konstrukce 2D plošné geometrie jednotlivých částí modelu.

Poznatky zaznamenané v průběhu zpracování experimentální části jsou pak dále popsány v kapitole č. 19.

11 SKENOVÁNÍ FIGURÍNY

Digitalizace daného modelu byla realizována prostřednictvím technologie bezkontaktního snímání pomocí laserového skeneru. Při rekognoskaci objektu byla navržena stanoviště postavení prostorového skeneru, ze kterých bylo provedeno vlastní skenování figuríny. Celkem byly využity 4 postavení skeneru (2 ze stativu a 2 ze země), skenování bylo provedeno s průměrným rastrem snímaných bodů 3x3 mm. Po spojení jednotlivých mračen bodů do jednoho celku bylo zaměřeno 5 vlíčovacích bodů. Tyto body byly signalizovány kulovými terči umístěnými na stativěch a odraznými štítky. Souřadnice vlíčovacích bodů byly zaměřeny totální stanicí Leica TC1202 v místním systému. Vlastní skenování bylo provedeno prostorovým laserovým skenerem HDS3000 (v.č. P-822) s apriorní směrodatnou

odchylkou prostorového určení bodu $\sigma \leq 6$ mm, což představuje směrodatnou odchylku v jedné souřadnici $\sigma_x \leq 2,5$ mm a v rovině $\sigma_p \leq 4$ mm [5].

Obrázková galerie průběhu skenování je obsažena v příloze č. 2 (obr. č. P1 a P2). Na obrázku č. 29 je znázorněn laserový skener HDS 3000, který byl použit při skenování figuríny.



Obrázek 29 - Laserový skener HDS3000

12 PŘÍPRAVA A ZPRACOVÁNÍ NASKENOVANÝCH DAT

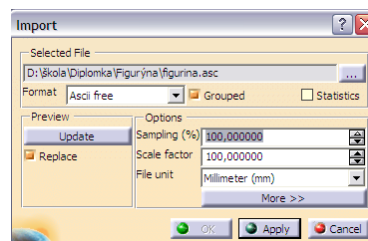
Data, získaná postupným nasnímáním celého objektu, je třeba importovat do příslušné aplikace programu, ve které budou dále zpracována. Nasnímaná figurína je zobrazena prostřednictvím mračka bodů, které je nutné dále upravit pro další postup modelování. Prvním krokem je vytvoření sítě mesh na povrchu celé figuríny. Tato úprava je provedena v modulu Digitized shape editor, který je určen mimo jiné i pro vytvoření sítě, a je vhodné jej využít také pro její následnou úpravu.

12.1 Digitized shape editor

Modul Digitized shape editor je součástí aplikace Shape. Tento modul je určen k importu, přípravě a vlastnímu zpracování digitalizovaných dat, která jsou zobrazena prostřednictvím mračka bodů. Tento modul zajišťuje poměrně rychlé zpracování mraček bodů, která mohou dosahovat hodnot až několik milionů bodů. Je schopen např. zpracovat povrch digitalizovaných objektů při jejich úplném zachování původního tvaru. Pomocí tohoto modulu je také designér schopen relativně jednoduchým způsobem manipulovat s celým povrchem nebo jeho částí (tvoření bodů, mřížky nebo meshe). Samozřejmostí je i provázanost s ostatními aplikacemi, které CATIA V5 obsahuje.

12.1.1 Import digitalizovaných dat

Pro zobrazení naskenovaných dat je nezbytné provést import souboru do modulu Digitized shape editor. Data jsou importována pomocí ikony **Import**. Zobrazí se tabulka (obr. č. 30), v níž je třeba zadat cestu k místu, kde je soubor uložen a nastavit potřebné parametry. Po stisknutí tlačítka *Apply* se zobrazí data dle požadovaného zobrazení. Potvrzení je provedeno pomocí tlačítka *OK*.



Obrázek 30 – Import Figuríny

Na následujícím obrázku je zachycen celý importovaný mrak bodů, který byl získán digitalizací figuríny (obr. č. 31). Jeho vstupní hodnoty jsou zmenšeny v měřítku 1:10. Tedy vykreslený model křivky o délce např. 10 mm má ve skutečnosti hodnotu 10 cm. Tato hodnota zmenšení byla zvolena při vstupním zadávání parametrů při importu souboru do prostředí CATIA V5.



Obrázek 31 - Figurína

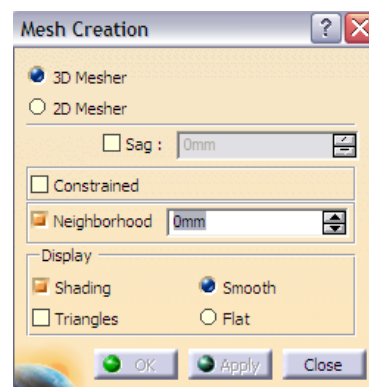
Zobrazeným modelem figuríny je možné pohybovat ve třech osách (X, Y, Z). Tato manipulace s digitalizovaným objektem je nezbytná pro další úpravy, které budou vykonány na tomto modelu figuríny.

Takto připravená data budou dále využita pro vytvoření prvotní kontury povrchu nazývané tzv. sítě Mesh.

12.1.2 Vytvoření sítě Mesh

Následující postup vytvoření Meshe byl aplikován na digitalizovaný model figuríny, který byl importován během předcházejícího kroku.

Síť Mesh je tvořena pomocí funkce **Mesh creation**. Po stisku tlačítka se nabídne tabulka (obr. č. 32), která je určena k bližší specifikaci zobrazení budoucí sítě, která bude tvořit povrch skenovaného objektu. Zde designér zadává hodnotu *Neighborhood*, která určuje velikost zobrazení budoucích trojúhelníků, ze kterých se skládá celá plocha Meshe. Zatržení políčka *Shading* slouží ke kvalitnějšímu zobrazení celé budoucí sítě.



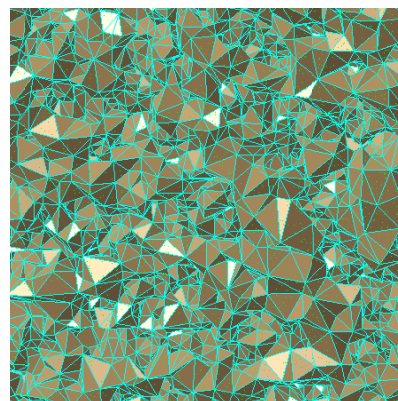
Obrázek 32 – Mesh Creation

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

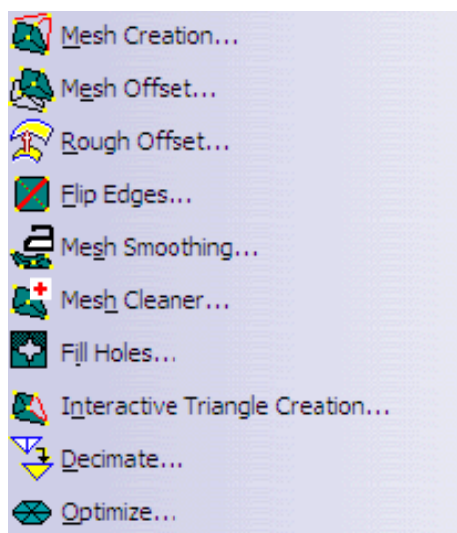
Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Po zadání požadovaných parametrů je možné kontrolovat vzhled povrchu pomocí tlačítka *Apply*. Pokud je designér spokojen s provedenou aplikací, potvrdí tlačítkem *OK*.

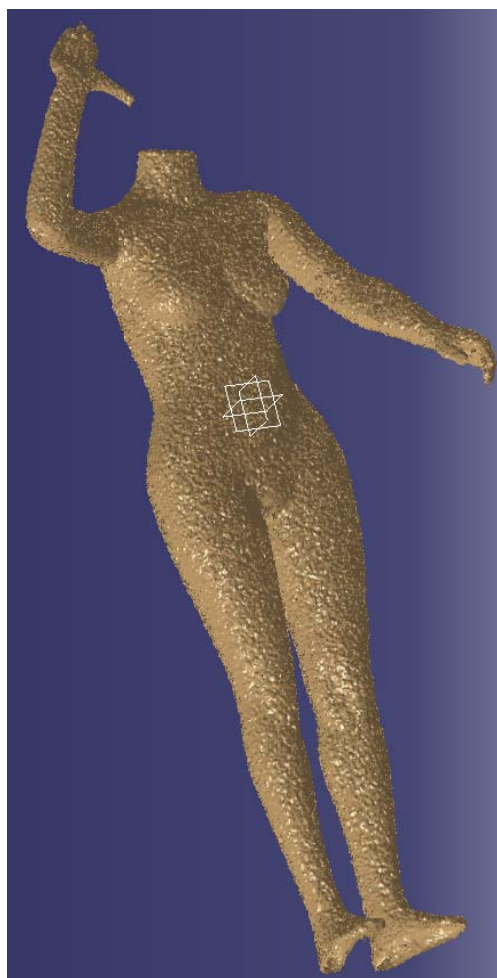
Na obrázku č. 33 je zachycena prvotní vytvořená síť složená z trojúhelníků. Takto vytvořenou síť je třeba dále upravit, jelikož její povrch bývá zpravidla velmi nejednotný a ostrý. Tuto skutečnost však velmi ovlivňuje také kvalita skenovacího zařízení (počet a hustota snímaných bodů). Také je třeba vyplnit prázdná místa, odstranit chyby vzniklé během vytváření sítě a celkově vyhladit prvotní zobrazení neupravené sítě. Pro tyto operace jsou určeny funkce obsažené v odkazu pro práci se sítí (obr. č. 34). Na obrázku č. 35 je zachycen prvotní vzhled Meshe, který je součástí celého povrchu figuríny.



Obrázek 33 - Trojúhelníková síť



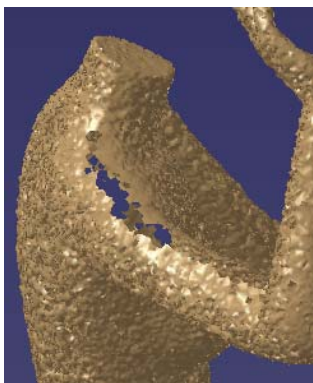
Obrázek 34 - Funkce pro úpravu sítě



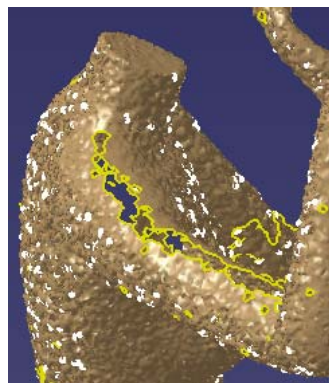
Obrázek 35 - Základní neupravený povrch

12.1.2.1 Úprava Meshe

Po vytvoření základní sítě byly zjištěny následující vady (obr. č. 36 a 37): Síť je velmi nepravidelná, tedy její povrch je ostrý a jsou na něm obsažena místa, která nebyla pokryta souvislou vrstvou sítě. Síť je tedy třeba opravit a následně pak celý povrch vyhladit. Dalším postupem pro úpravu naskenovaného modelu je tedy práce s úpravou povrchu. Pomocí funkce **Cloud Display options** jsou získány informace o problematických částech na skenovaném objektu, která jsou třeba upravit.



Obrázek 36 - Základní pokrytí



Obrázek 37 - Označení vadných míst

Odstranění vadných míst je provedeno pomocí funkce **Mesh cleaner**, který analyzuje a označí vadné části povrchu. Při úpravě povrchu je využita i funkce **Flip edges**, která určuje hloubku tzv. trojúhelníků, ze kterých se celá síť skládá. Dále pomocí funkce **Fill holes** dochází k opravení kritických míst, která byla zjištěna prvotní analýzou Meshe. Pomocí funkce **Mesh smoothing** je pak možné povrch vyhladit a vyrovnat tak ostrost.

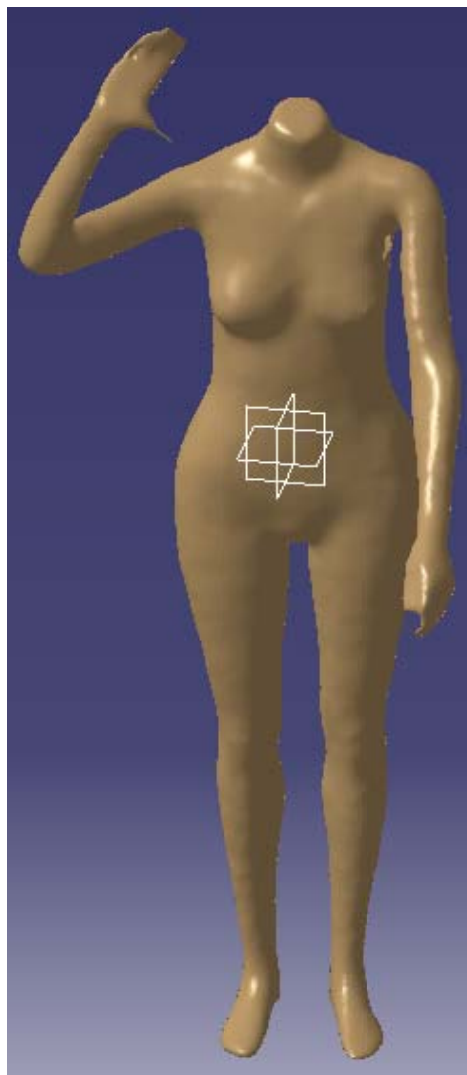
Pokud však designér využívá nadměrných úprav povrchu (čištění a vyhlazování), může tak postupně dojít k určitým deformacím upravovaného modelu. Zejména v té oblasti, kde jsou kladeny vysoké požadavky na přesnost – v řádu tisícín milimetru, jsou tyto změny nepřijatelné. Při úpravě povrchu figuríny však lehkou deformaci připustit lze. Zejména jedná-li se o takové části, které nejsou předmětem našeho šetření (dlaň, prsty).

Takto připravená data budou dále zpracována v aplikaci Quick surface reconstruction. Tento modul je určen zejména pro vytvoření přesné a kompletní kontury povrchu nasnímaného a upraveného objektu.

Aktuálně upravený povrch figuríny je znázorněn na následujícím obrázku č. 38.

12.2 Quick surface reconstruction

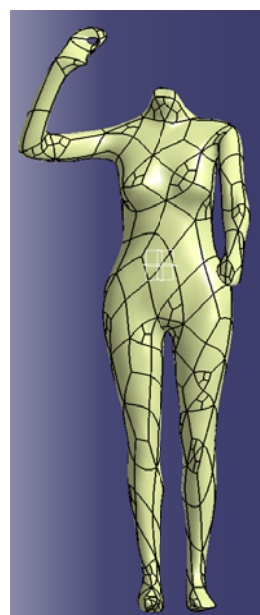
Modul Quick surface reconstruction je určen zejména pro relativně snadnou a rychlou rekonstrukci povrchu digitalizovaných dat, která byla v předchozím kroku upravena pomocí modulu Digitized shape editor. Designér je schopen díky funkcím tohoto modulu rekonstruovat povrch a analyzovat zakřivení, a tím vytvářet přesné segmenty plochy z vytvořeného Meshe.



Obrázek 38 - Upravený povrch

12.2.1 Vytvoření povrchové kontury a surface

Povrchovou konturu lze vytvořit automaticky z Meshe, který byl navrhnut v předchozích krocích, nebo postupným modelováním kontury povrchu. Při použití automatického modelování se vygeneruje nepravidelná síť (obr. č. 39), která přesně kopíruje povrch naskenovaného modelu. Pomocí takto vygenerované sítě lze zjistit např. objem digitalizovaného objektu. Vytvoření kontury postupným modelováním je mnohem více časově a technicky náročnější, ale designér je schopen



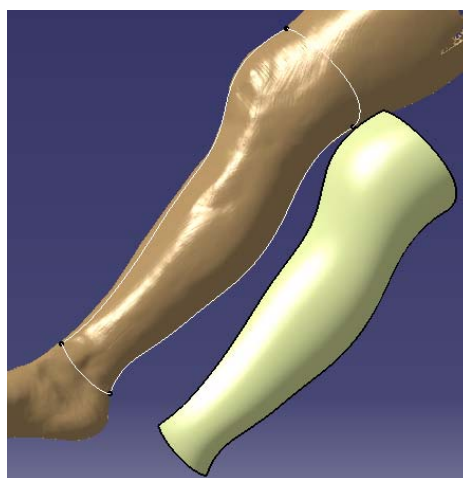
Obrázek 39 - Ukázka generování automatického povrchu

sestavit konturu povrchu dle takových požadavků, které jsou na konturu kladeny pro potřeby dalšího modelování.

K získání kontury povrchu postupným modelováním je možné využít např. funkce **3D curve** v záložce **Curve creation**. Designér je schopen díky této funkci kopírovat jakékoliv zakřivení povrchu a vytvářet tak vlastní konturu povrchu, která bude ve výsledku členěná dle jeho potřeb. K pokrytí plochy mezi jednotlivými křivkami lze např. využít funkce **Power fit**, která spadá do záložky, která je určena pro práci s generováním vlastního povrchu **Surface Creation**.

Praktické ukázce modelování kontury povrchu postupným aplikováním jednotlivých křivek bude věnována kapitola č. 14. V této kapitole budou na povrch figuríny aplikovány kontury návrhu dámských šatů.

Na následujícím obrázku č. 40 je znázorněn nástin, jak by mohla vypadat část vytvořeného povrchu pomocí aplikace jednotlivých křivek na povrch digitalizovaného modelu.



Obrázek 40 - ukázka modelu plochy pomocí křivek

13 OVĚŘENÍ VĚROHODNOSTI ROZMĚRŮ FIGURÍNY

V této části diplomové práce bude hodnocena věrohodnost digitalizovaného modelu, jejíž výsledky měření budou porovnány s hodnotami, které byly zjištěny měřením objektu ve skutečnosti. Ověření věrohodnosti digitalizovaných dat bylo provedeno dvěma metodami:

V první části byly aplikovány křivky na digitalizovaný a upravený model, a tyto hodnoty pak byly následně porovnány se skutečnými hodnotami, které byly zjištěny měřením skutečného modelu figuríny.

Ve druhé části práce byl proveden import souboru, který obsahoval nasnímané zájmové body, na upravený digitalizovaný povrch figuríny. Propojením těchto bodů pak

následně vzniklé křivky byly změřeny a porovnány s hodnotami naměřenými na modelu figuríny ve skutečnosti.

Ověřování rozměrů digitalizovaného modelu s hodnotami, které byly zjištěny prostřednictvím kontaktního měření povrchu figuríny, nebyly zjišťovány podle normované metodiky měření lidské postavy (ISO). Cílem tohoto měření bylo zaznamenat vzdálenosti mezi jednotlivými body na povrchu digitalizované figuríny a porovnat stejné vzdálenosti zjištěné kontaktním měřením povrchu figuríny ve skutečnosti.

13.1 Aplikace křivek bez využití zájmových bodů

Rozměrové proporce figuríny v digitální podobě byly zjišťovány pomocí aplikace jednotlivých křivek na předem upravený povrch digitalizovaného modelu, který byl získán úpravou v předchozích krocích. U takto vygenerovaných křivek pak následně byla zjišťována jejich obvodová hodnota. Délkové rozměry byly hodnoceny stejným způsobem.

Pomocí tohoto šetření byly zjišťovány rozměry, které jsou uvedeny v následujících tabulkách. V tabulce č. 1 jsou uvedeny hodnoty, které byly zjištěny měřením na skutečném modelu figuríny, a tabulka č. 2 uvádí data zjištěná měřením jednotlivých křivek, které byly aplikovány na digitalizovaný model. V následující galerii obrázků č. 41 - 49 jsou pak zachycena jednotlivá měření rozměrů upraveného digitalizovaného povrchu.



Obrázek 41 - Měření boční délky kalhot

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

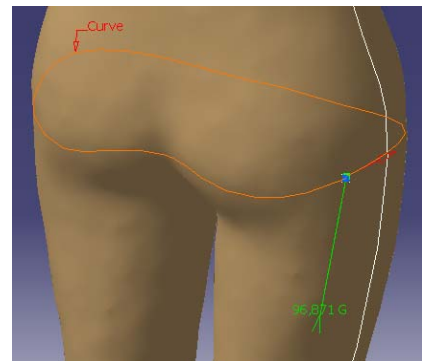
Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Hodnoty skutečného modelu	
Zjišťované rozměry	Hodnota (Cm)
Obvod krku	38
Obvod hrudníku	86
Obvod pasu	70,2
Obvod sedu	97
Délka zad	38,1
Šíře zad	34
Šíře ramene	12
Délka rukávu	59,1
Boční délka kalhot	105,6

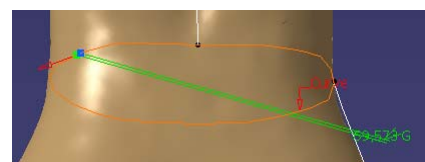
Tabulka 1 – Hodnoty skutečného modelu

Hodnoty digitalizovaného modelu	
Zjišťované rozměry	Hodnota (Cm)
Obvod krku	37,84
Obvod hrudníku	85,831
Obvod pasu	69,871
Obvod sedu	96,871
Délka zad	37,879
Šíře zad	34,009
Šíře ramene	12,26
Délka rukávu	59,295
Boční délka kalhot	105,397

Tabulka 2 – Hodnoty digitalizovaného modelu



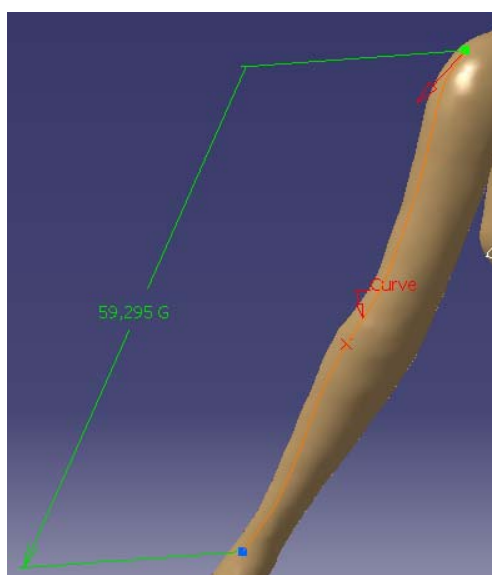
Obrázek 42 - Měření obvodu sedu



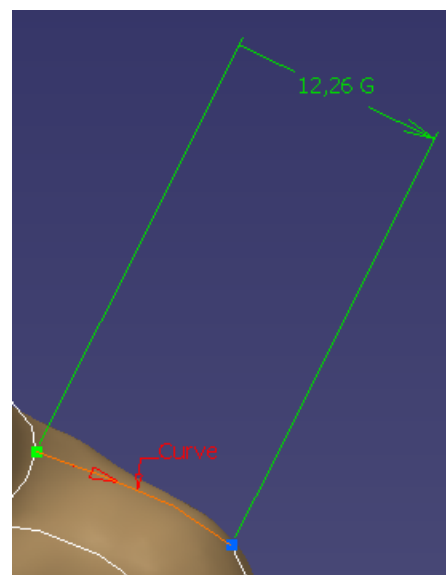
Obrázek 43 - Měření obvodu pasu



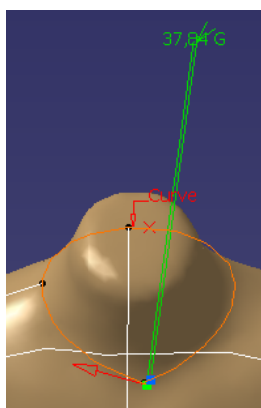
Obrázek 44 - Měření obvodu hrudníku



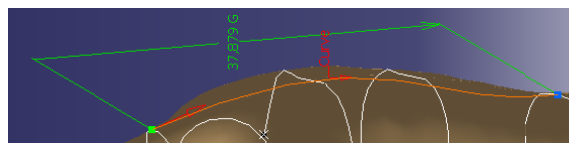
Obrázek 45 - Měření délky rukávu



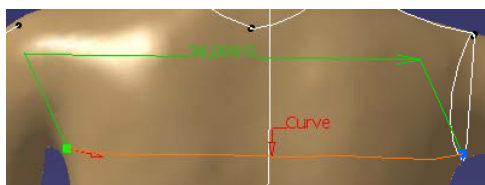
Obrázek 46 - Měření šíře ramene



Obrázek 48 - Měření obvodu krku



Obrázek 47 - Měření délky zad



Obrázek 49 - Měření šíře zad

13.2 Import zájmových bodů na povrch figuríny

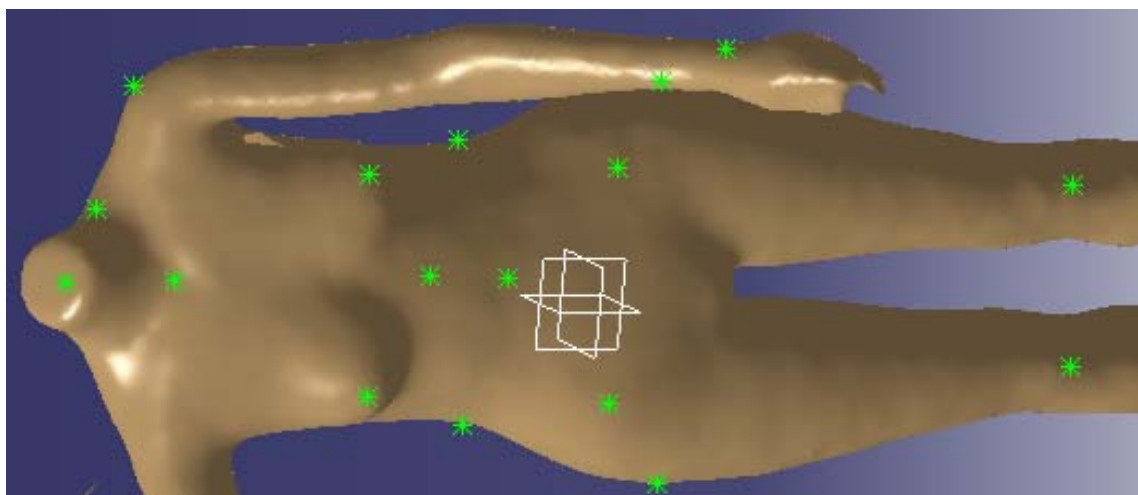
V této části byl proveden import zájmových bodů na povrch digitalizovaného modelu figuríny a dále pak pomocí těchto bodů byla řešena problematika věrohodnosti, a tedy shodnosti vzdáleností mezi jednotlivými body.

Zájmové body byly před skenováním figuríny zaznačeny na jejím povrchu. Naskenovaná data zachycující tyto zájmové body byla následně importována do jiného souboru nežli body, které zachycují celou figurínu. Zájmových bodů bylo zaznačeno celkem 17 a import byl proveden na již upravený povrch figuríny, který byl získán modelováním v předchozích krocích (obr. č. 50).

V následující části byla ověřena vzdálenost mezi zájmovými body a následně byly porovnány tyto hodnoty s hodnotami výsledků, které byly naměřeny na povrchu figuríny ve skutečnosti. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v následujících tabulkách. Tabulka č. 4 obsahuje informace o zjišťovaných rozměrech skutečného modelu figuríny a v tabulce č. 3 jsou zaznamenány hodnoty naměřené mezi jednotlivými zájmovými body na digitálním modelu. Každé měření, které bylo provedeno prostřednictvím zájmových bodů, je doplněno grafickou ukázkou na obrázcích č. 51 – 57.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

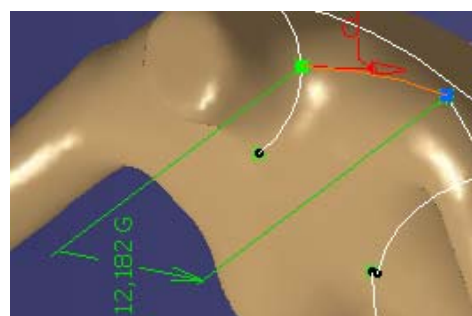
Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví



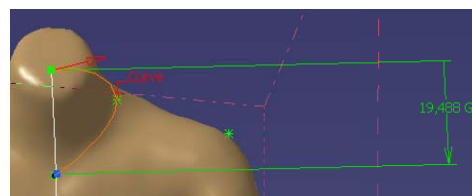
Obrázek 50 - Import zájmových bodů

Hodnoty digitalizovaného modelu	
Zjišťované rozměry	Hodnota (Cm)
½ Obvod krku	19,488
Obvod hrudníku - RH	20,265
Obvod pasu	69,959
Obvod sedu	96,893
Délka zad	38,136
Šíře ramene	12,182
Délka rukávu	59,224
Šíře kol. bodů	16,5

Tabulka 3 – Hodnoty digitalizovaného modelu



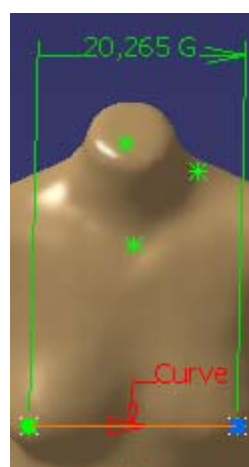
Obrázek 51 - Šíře ramene



Obrázek 52 - 1/2 Obvodu krku

Hodnoty skutečného modelu	
Zjišťované rozměry	Hodnota (Cm)
½ Obvod krku	19,5
Obvod hrudníku - RH	20,3
Obvod pasu	70,2
Obvod sedu	97
Délka zad	38,1
Šíře ramene	12
Délka rukávu	59,1
Šíře kol. bodů	16,5

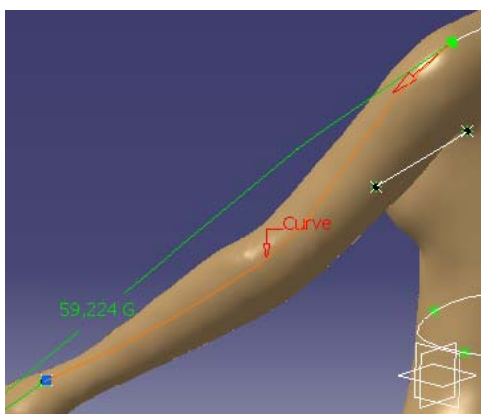
Tabulka 4 – Hodnoty skutečného modelu



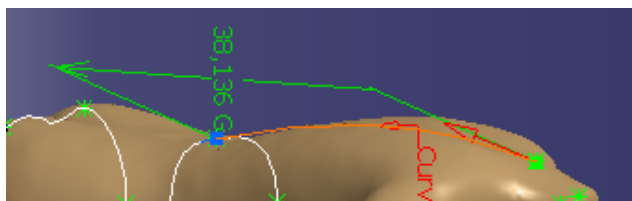
Obrázek 53 - RH



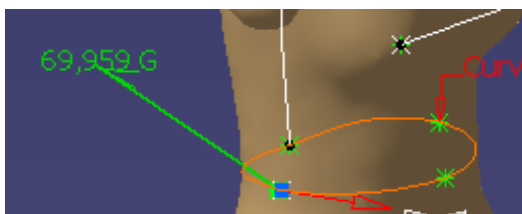
Obrázek 54 - Šíře kol. bodů



Obrázek 56 - Délka rukávu



Obrázek 55 - Délka zad



Obrázek 58 - Obvod pasu



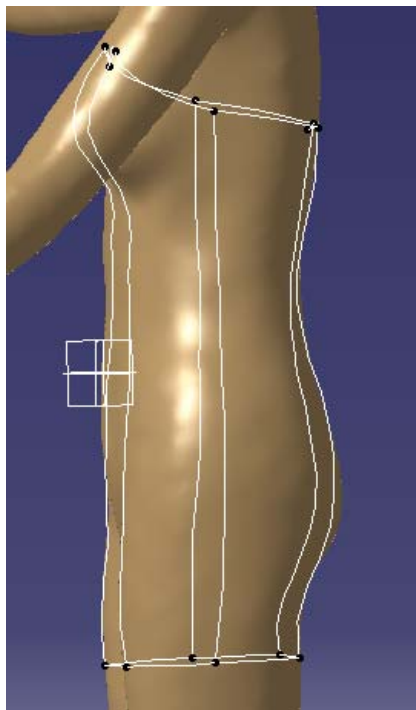
Obrázek 57 - Obvod sedu

14 KONSTRUKCE ŠATŮ S VYUŽITÍM DIGITALIZOVANÉHO MODELU

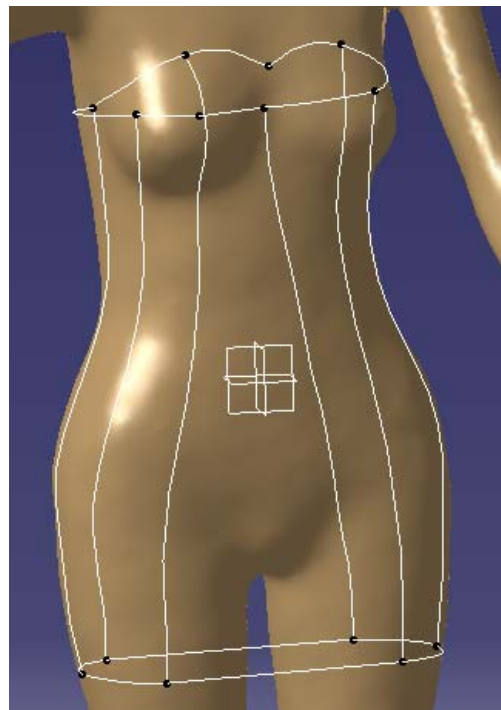
Konstrukce modelu dámských šatů je aplikována přímo na digitalizovaném modelu figuríny. Při hotovení konstrukce jsou využívány funkce **3D curve**, funkce **Join** a **Power fit**.

Základem pro zhotovení modelu je aplikace křivek na povrch figuríny. Každá křivka, která přesně kopíruje povrch digitalizovaného modelu, se skládá z bodů, které jsou vytvářeny při kladení křivky na upravený povrch figuríny. Počet těchto bodů ovlivňuje designér při aplikaci jednotlivých křivek. Pokud je počet bodů charakterizující tvar křivky příliš malý, budoucí křivka ve výsledné podobě nemusí mít úplně přesný tvar povrchu digitalizovaného modelu. Je proto velmi důležité zvolit optimální množství bodů, které tvar budoucí křivky charakterizují. Postupnou aplikací jednotlivých křivek je možné sestavit prakticky jakýkoliv model oděvu, který bude přesně kopírovat proporce figuríny.

Konstrukce modelu dámských šatů sestavená pomocí aplikace jednotlivých křivek pomocí funkce **3D curve** na povrch digitalizovaného a upraveného povrchu figuríny je znázorněna na obrázcích č. 59 a 60.

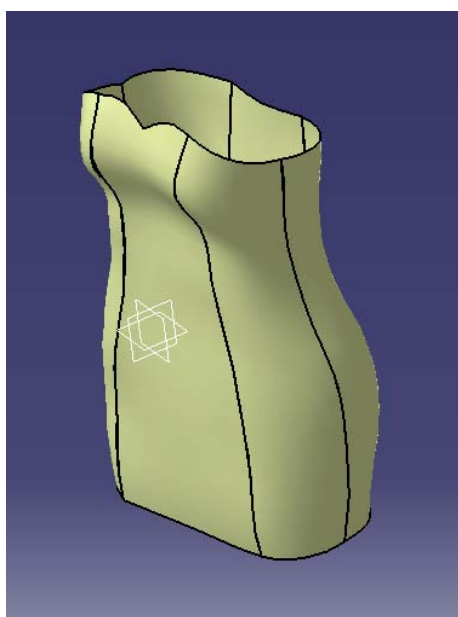


Obrázek 59 - Konstrukce šatů

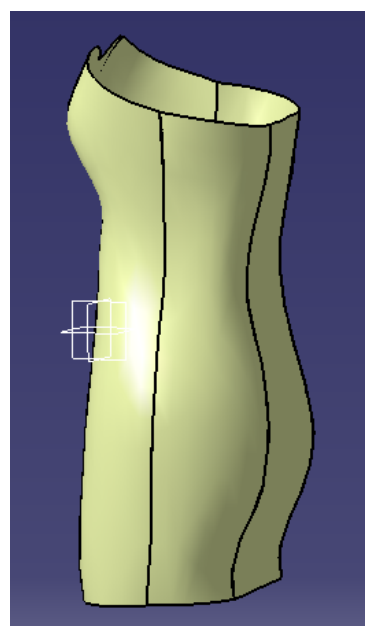


Obrázek 60 - Konstrukce šatů

Po dokončení konstrukce modelu, který byl vytvořen pomocí křivek, následuje využití funkce **Join**, která slouží ke sjednocení jednotlivých křivek do celku a následné pokrytí povrchu mezi křivkami za pomoci funkce **Power fit** (obr. č. 61 a 62).



Obrázek 61 - Model šatů



Obrázek 62 - Model šatů

15 KONSTRUKCE ŠATŮ BEZ VYUŽITÍ DIGITALIZOVANÉHO MODELU

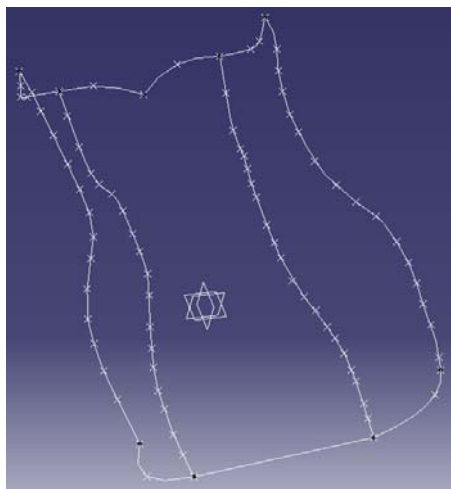
V této části byl řešen postup modelování šatů bez využití digitálních dat. Konstrukce následujícího modelu je provedena pouze na základě znalostí rozměrových hodnot, které byly zjištěny kontaktním měřením modelovaného objektu. Postup tohoto modelování je náročnější na konstrukční znalosti programu, se kterým designér pracuje. Také z hlediska časové náročnosti je doba potřebná k vytvoření 3D konstrukce výrazně delší, než když designér pracuje přímo s digitalizovaným objektem.

15.1 Konstrukce dámských šatů řešená prostřednictvím bodů

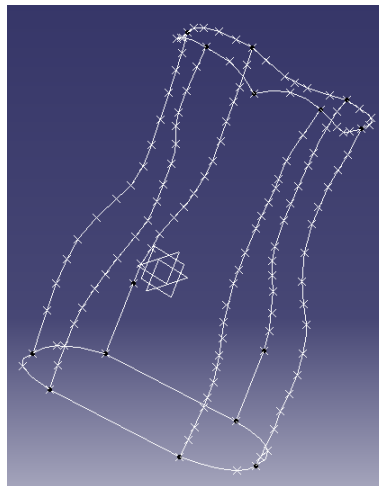
Pro zhotovení modelu bez použití digitálních dat je možné využít několika způsobů. Tato práce byla tvořena za pomoci generování jednotlivých bodů. Každý bod, který byl vytvořen, má svoji hodnotu v osách X, Y a Z. Je tedy možné volně tyto parametry měnit a upravovat tak vzdálenosti jednotlivých bodů od bodu počátečního, který má nulové souřadnice.

Propojením vzniklých bodů křivkami tak vznikla základní konstrukce celého modelu, která byla doplněna plošným pokrytím. Základní konstrukce byla zhotovena v modulu Generative Shape Design. Plošné pokrytí pak bylo provedeno v modulu Quick Surface Reconstruction.

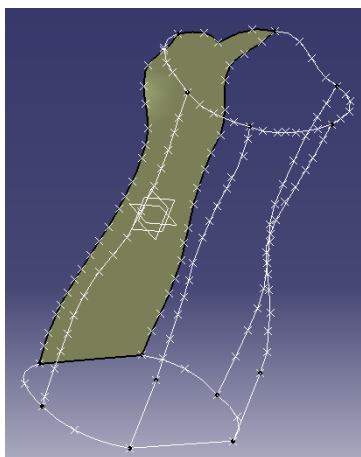
Následující galerie obrázků č. 63 – 67 poukazuje na postup a výsledky modelování.



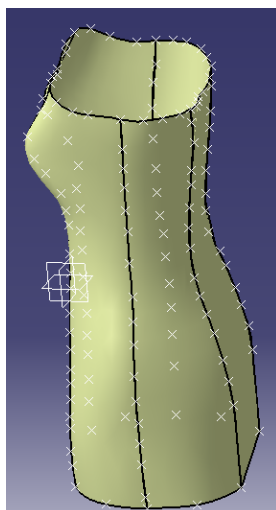
Obrázek 63 - Konstrukce dámských šatů



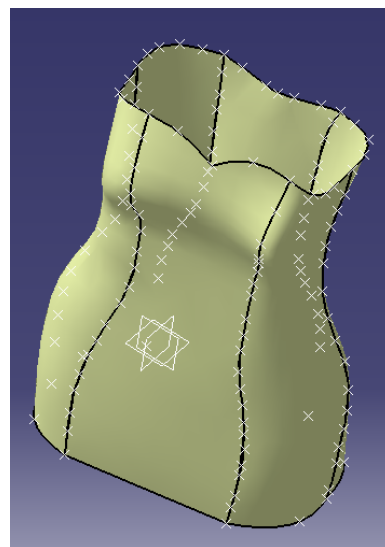
Obrázek 64 - Konstrukce dámských šatů



Obrázek 65 - Ukázka plošného pokrytí



Obrázek 66 - Plošné pokrytí šatů



Obrázek 67 - Plošné pokrytí šatů

Z obrázkové dokumentace je patrné, že model šatů bez využití digitalizovaného modelu je lehce odlišný než model šatů, který byl vytvořen přímo na digitalizovaném a upraveném povrchu modelu figuríny. To je zapříčiněno tím, že pokrytí povrchu mezi jednotlivými křivkami kopíruje tvar pouze jednotlivých bodů, kdežto při modelování šatů s využitím digitalizovaného modelu vygenerovaná plocha využívá většího množství bodů, které byly aplikovány do souvislé struktury sítě Mesh, která povrch figuríny pokrývá.

16 VYUŽITÍ DIGITALIZOVANÉHO MODELU LIDSKÉHO TĚLA

V současnosti probíhají rozsáhlé studie na Chinese University of Hong Kong, zabývající se parametrizací digitalizovaného modelu lidského těla a hodnocením proporcí různých typů postav, které využívají principů Reverse Engineeringu a konstrukční technologie CAD systémů.

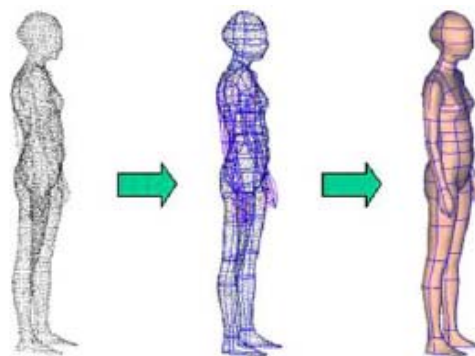
Digitalizovaný model lidského těla významným způsobem zasahuje také do oblasti lékařského průmyslu, kde jsou digitalizované části lidského těla využívány zejména pro analýzu rozměrových vlastností a struktury povrchu budoucích silikonových tělesných náhrad.

16.1 Parametrizace modelu lidského těla

Současná studie zaměřená na hodnocení proporcí lidského těla využívá principu Reverse Engineeringu, pomocí něhož jsou zaznamenány různé typy postav. Takto získaná data jsou následně zařazena do rozsáhlé databáze a přiřazena do jednotlivých skupin seřazených dle výšky postavy. Takto získané modely jsou dále parametrizovány prostřednictvím vhodného CAD systému.

Data, získaná postupným snímáním celého objektu (3D scanner), jsou importována do příslušné aplikace CAD systému a následně připravena pro parametrizaci modelu (vytvoření sítě Mash).

Na upravený povrch digitalizovaného modelu jsou následně aplikovány jednotlivé křivky, pomocí kterých je digitalizovaný model rozdělen na části, které jsou významné pro další průběh šetření (obr. č. 68). Každá křivka, která byla aplikována na digitalizovaný a upravený povrch figuríny, je nositelem informace o rozměru a zakřivení té části, kterou přesně



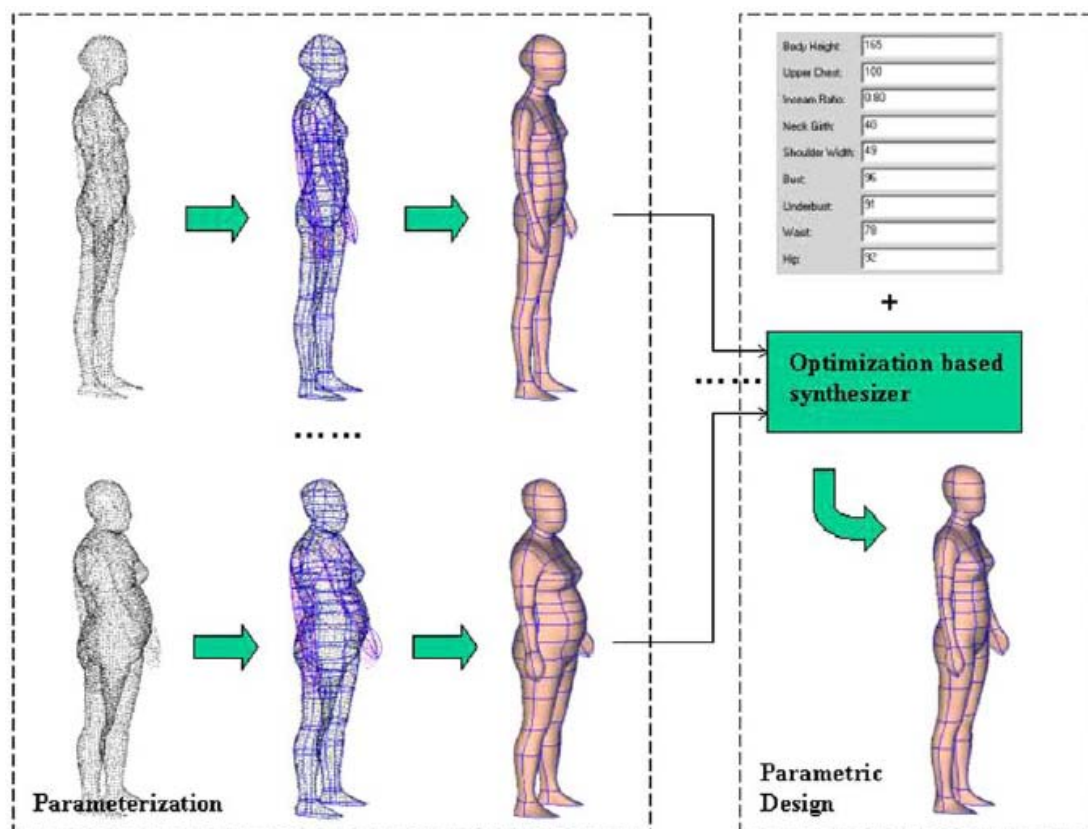
Obrázek 68 - Parametrizace digitalizovaného modelu

kopíruje (dochází k parametrizaci modelu). Tímto způsobem jsou zpracovány veškeré dostupné modely, které jsou v databázi obsaženy. Parametrizované modely obsahují veškeré informace o rozměrech jednotlivých částí těla (rozměrové i váhové), které jsou dále využívány pro vytvoření optimálního modelu lidské postavy pomocí vhodných matematických interpolací.

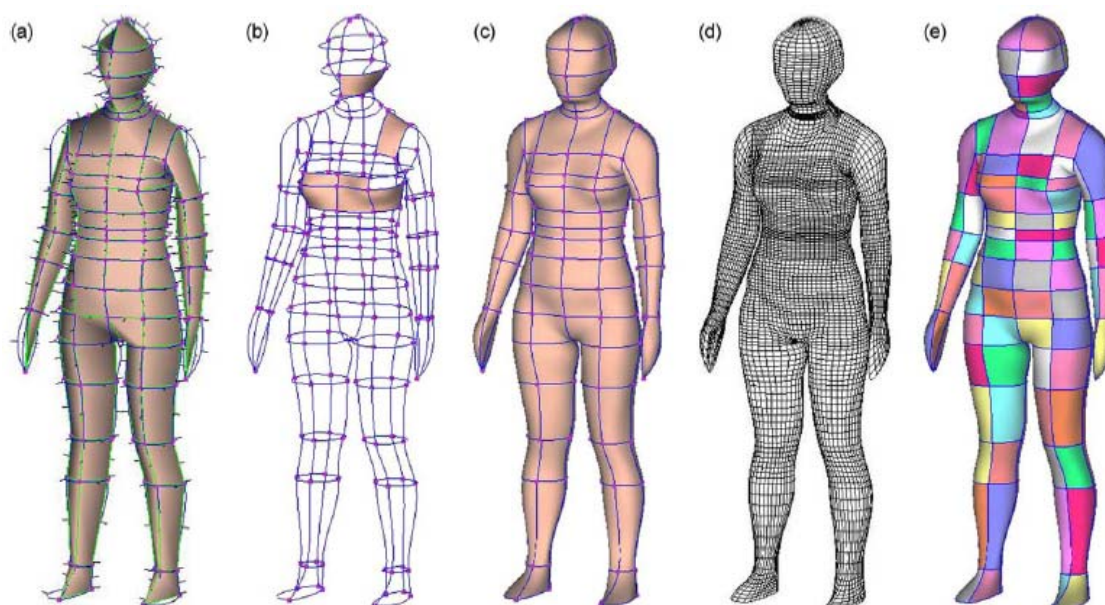
Na obrázku č. 69 je znázorněna parametrizace digitalizovaného modelu dvou odlišných typů lidských postav (typy postav jsou vybírány z databáze na základě stejných velikostí postavy, ale odlišných rozměrů a váhy šetřených modelů). Na základě zjištěných rozměrových a váhových vlastností obou těchto modelů je pak následně pomocí vhodné matematické interpolace vytvořen nový optimální model lidské postavy.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví



Obrázek 69 - Parametrizace modelu a následná optimalizace



Obrázek 70 - Průběh zpracování digitalizovaného modelu lidské postavy

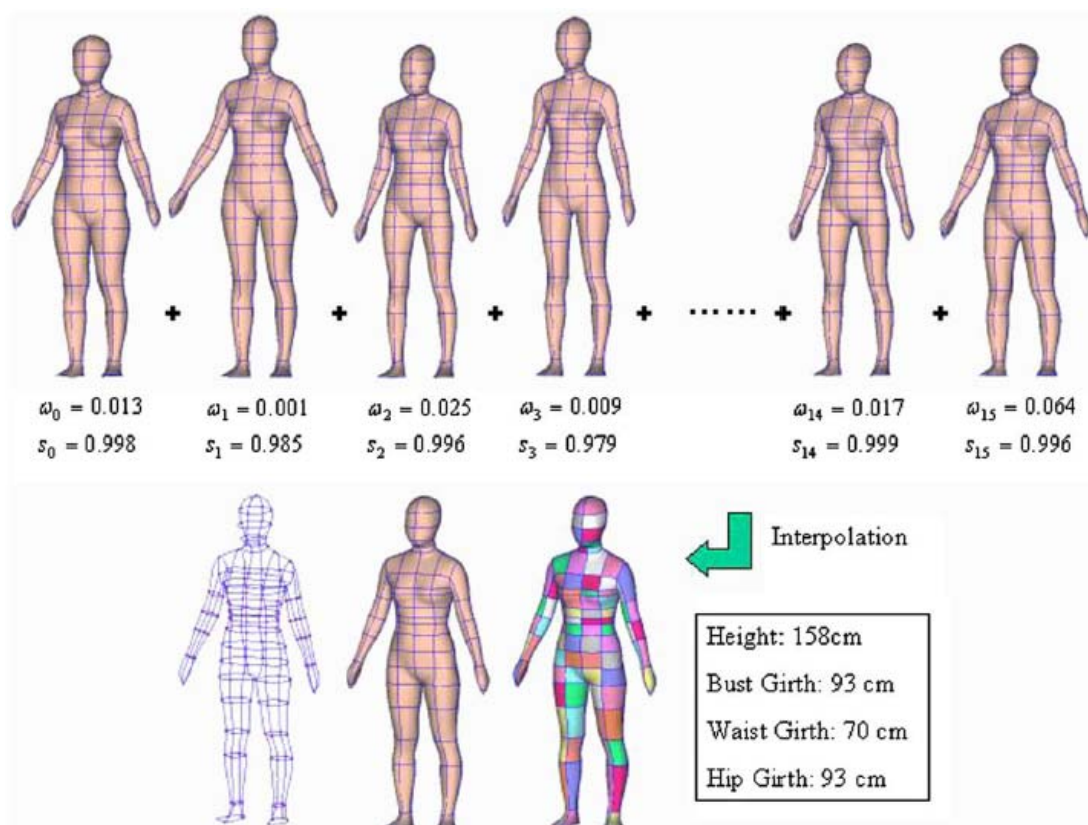
Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Na obrázku č. 70 je znázorněn průběh vytváření parametrizace digitalizovaného modelu lidské postavy.

Model (a) poukazuje na vytvoření topografické anatomie pomocí křivek, které jsou na sebe v jednotlivých částech kolmé. Na modelu (b) je znázorněna tzv. drátěná konstrukce, která dělí lidské tělo na jednotlivé části. Model (c) pak znázorňuje kompletní konstrukci, která byla aplikována na model lidského těla. Na modelu (d) je znázorněna vytvořená síť Mash, která je součástí digitalizovaného modelu, a model (e) zobrazuje kompletní parametrizovanou konstrukční síť šachovnicového tvaru.

Optimální model lidského těla je možné vytvářet i z více různých typů a velikostí lidské postavy. Díky parametrizaci modelů a jejich následné vhodné matematické interpolaci je tak možné vytvořit optimální model lidského těla prakticky z jakýchkoliv proporcionálních typů postav lidského těla (viz. obr. č. 71).

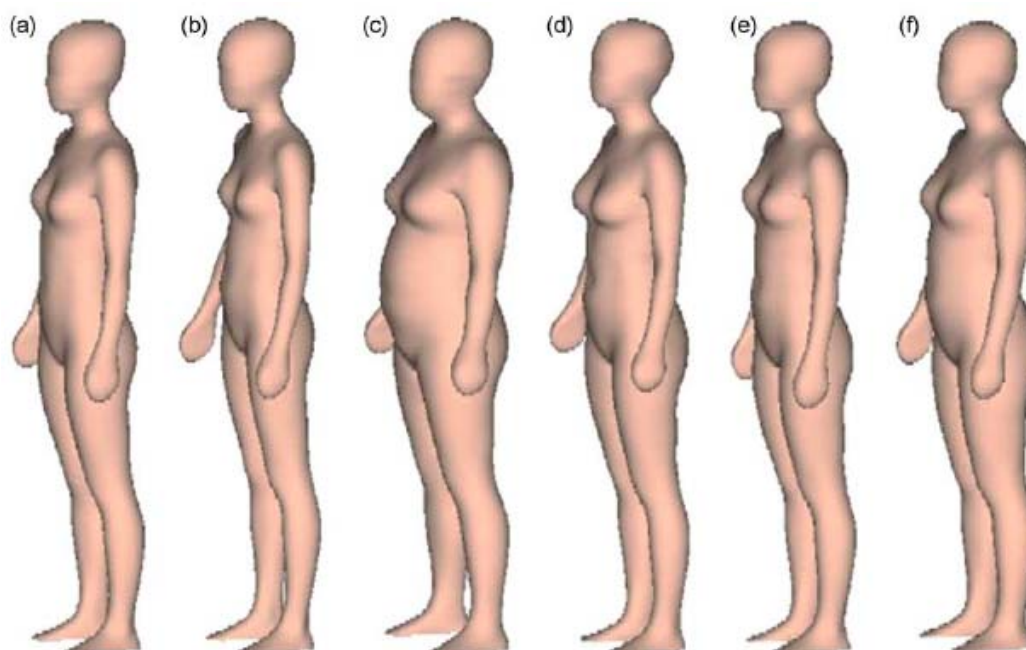


Obrázek 71 - Optimální model lidského těla vygenerovaný z více různých typů postav

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Na obrázku č. 72 je znázorněn pouze jeden typ ženské postavy. Modely, na nichž jsou provedeny výškové i obvodové změny, byly vytvořeny pomocí matematické aproximace váhových a tělesných rozměrových hodnot, zaznamenaných na obrázku č. 73.



Obrázek 72 - Modelové úpravy jednoho typu lidského těla - žena

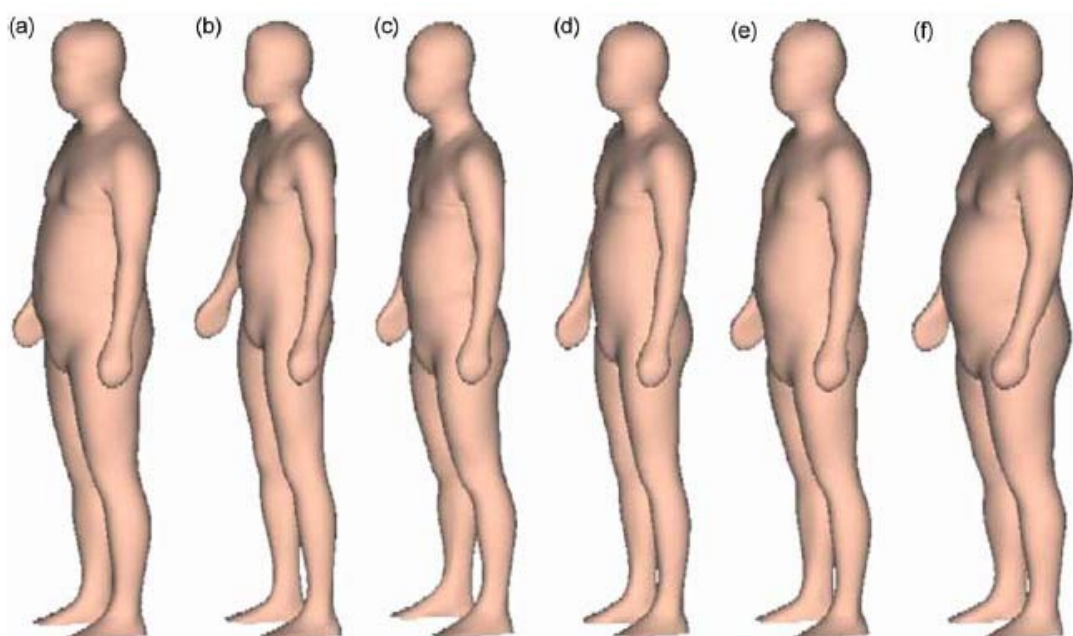
Model	Height	Neck girth	Bust girth	Under bust	Waist girth	Hip girth	Inseam-length
(a)	159	32	85	74	66	89	69
(b)	168	32	83	77	66	90	77
(c)	165	39	107	94	92	108	70
(d)	163	33	92	77	72	95	70
(e)	156	31	85	73	65	87	67
(f)	159	34	95	82	75	96	68

Obrázek 73 - Tělesné rozměry jednotlivých modelů - žena

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Obrázek č. 74 poukazuje na tentýž způsob matematické aproximace váhových a rozměrových hodnot. Aplikace však byla provedena s modelem mužské postavy. Tělesné rozměry jednotlivých modelů jsou zaznamenány na obrázku č. 75.



Obrázek 74 - Modelové úpravy jednoho typu lidského těla - muž

Model	Height	Neck girth	Chest girth	Waist girth	Hip girth	Inseam-length
(a)	175	42	110	105	109	74
(b)	184	39	97	84	101	84
(c)	169	39	95	86	98	70
(d)	175	40	98	85	99	76
(e)	170	40	100	90	99	69
(f)	174	45	115	112	114	71

Obrázek 75 - Tělesné rozměry jednotlivých modelů - muž

16.2 Digitalizace lidského těla a CAD systémy v lékařství

V současnosti je konstrukce a digitalizace povrchu lidského těla a jeho částí využívána zejména v oblasti lékařského průmyslu, kde slouží digitalizované modely lidského těla např. pro zhotovení budoucích silikonových tělesných náhrad. To jsou např:

- Maxiofaciální náhrady (nos, ucho, oko, část obličeje)
- Náhrady ruky (prsty, část/celá ruka)
- Náhrady nohy (prsty, část/celá noha)
- Náhrady měkkých tkání končetin
- Silikonové mamární epitézy
- Silikonové kosmetické návleky protéz

Při zhotovení modelu silikonové náhrady jsou v současnosti využívány nejmodernější technologie způsobu pořízení digitálních fotografií, využití 3D skenerů, následný software určený pro zpracování takto pořízených dat i color matching (analýza barevnosti pokožky pomocí digitálního analyzátoru barev, na kterou bude budoucí náhrada aplikována).

Nedílnou součástí tohoto procesu je i využití Reverse Engineeringu, pro vytvoření silikonové náhrady jako symetrického obrazu naskenovaného objektu. Také Rapid Prototyping (Zhotovení fyzického modelu – prototypu) hraje neméně významnou roli pro vytvoření budoucí silikonové náhrady. Ukázky modelu náhrady lidské ruky prostřednictvím počítačového a fyzického modelu jsou zachyceny na následujících obrázcích č. 76 a 77.



Obrázek 76 - Počítačový model silikonové náhrady



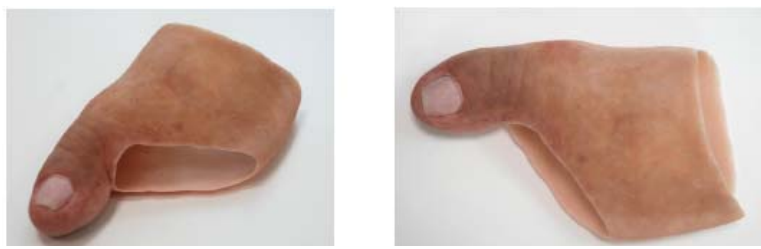
Obrázek 77 - Fyzický model - Rapid Prototyping

Mezi kladné vlastnosti při využití těchto silikonových náhrad pro budoucího uživatele patří bezesporu jejich přirozený vzhled, který budoucímu uživateli zabezpečuje případné zabránění sociální izolace uživatele. Zajišťuje také funkční a psychické výhody a náhradu tkání, které nelze rekonstruovat chirurgickým zákrokem.

Následující galerie obrázků č. 78 a 79 zobrazuje případ aplikace zhotovené silikonové náhrady části lidské nohy.



Obrázek 78 - Ukázka aplikace silikonové náhrady



Obrázek 79 - Ukázka silikonové náhrady

16.2.1 Konstrukce náhrady části lidské nohy

V této části experimentu bude řešena konstrukce náhrady části dolní končetiny. Zhotovený model je určen zejména pro potřeby lidí, kteří jsou upoutáni na invalidní vozík. Jelikož je běžné, že svalová hmota u takto postižených lidí postupně ztrácí svůj pevný a plný tvar, zabezpečuje využití této náhrady budoucímu uživateli zejména případné zabránění sociální izolace uživatele a zlepšuje tak tím jeho psychickou pohodu.

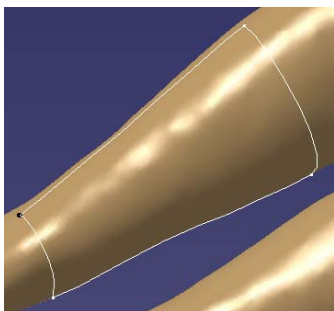
16.2.2 Konstrukční řešení modelu náhrady dolní končetiny

Konstrukce modelu náhrady části lidské nohy byla řešena v aplikaci Shape v modulu Generative Shape Design.

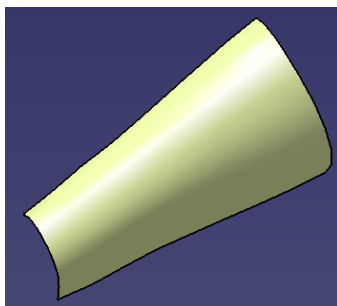
Na upravený povrch naskenovaného modelu byly pomocí funkce **3D curve** aplikovány křivky, které tento povrch přesně kopírují. Každý bod, který je součástí těchto křivek, je zachycen v síti Mesh, která je součástí digitalizovaného modelu, a tak charakterizuje přesný tvar modelovaného objektu.

Takto zhotovený povrch náhrady byl následně pomocí funkce **Offset** zkopírován, posunut v ose X a zmenšen o 3 cm. Tato hodnota charakterizovala úbytek svalové hmoty. Vytvořený model byl následně spojen pomocí přímk **Line** a doplněn plošným pokrytím pomocí funkce **Pover fit**.

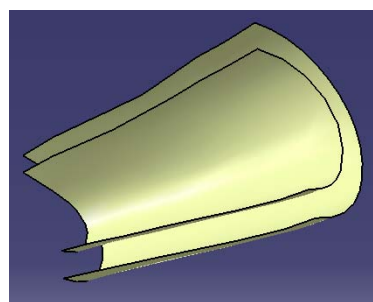
Průběh modelace je zachycen v následující galerii obrázků č. 80 – 84.



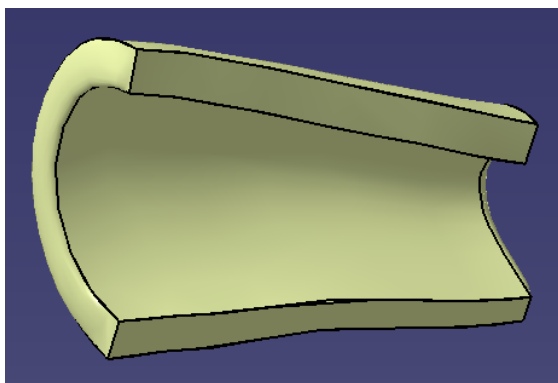
Obrázek 80 – Konstrukce křivek



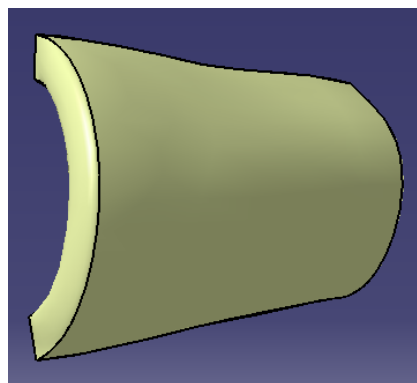
Obrázek 81 - Doplnění plošným pokrytím



Obrázek 82 - Model zmenšené části a původní



Obrázek 83 - model tělesné náhrady



Obrázek 84 - Model tělesné náhrady

17 KONSTRUKCE A MODELOVÁNÍ OBJEKTŮ

Cílem této práce je zhodnotit náročnost a rozdíly mezi konstrukcí daného objektu s využitím digitalizovaných dat a konstrukcí objektu bez využití digitalizovaného modelu. Konstrukci objektu bez využití digitálních modelů prostřednictvím systému CATIA V5 lze řešit několika způsoby.

V následující části bude řešen konstrukční návrh modelu brašny pro notebook, při jehož zpracování bude využita plošná konstrukce (2D geometrie) a následná projekce provedená ve 3D zobrazení modelovaného objektu.

V příloze č. 3 je pak zaznamenána konstrukce modelu autosedačky, která byla řešena prostřednictvím generování jednotlivých bodů. Tento vytvořený model byl dále využit při exportu do programu DesignConcept 3D.

17.1 Konstrukce objektu řešená pomocí 2D geometrie

Pro tuto konstrukci byl zvolen model ochranné brašny pro notebook. Model brašny byl řešen pomocí 2D konstrukce jednotlivých částí, která byla provedena prostřednictvím tzv. skicáře, neboli sketcheru, který je taktéž součástí modulu Generative Shape Design.

Sketcher je aplikace určená pro geometrickou konstrukci plošných částí modelovaného objektu. Díky této aplikaci je konstruktér schopen sestavit přesné konstrukční části celého modelu, ze kterých je pak schopen sestavit např. kompletní technickou dokumentaci pro následnou výrobu prvotního prototypu modelovaného objektu. Nespornou výhodou řešení konstrukce právě pomocí sketcheru je schopnost postupně parametrizovat rozměry celého objektu. Takto řešená konstrukce zajišťuje konstruktérovi v budoucnu mnohem jednodušší a rychlejší úpravy rozměrů při následné práci s modelem (Pokud jsou změněny rozměrové vlastnosti jedné části objektu, automaticky se tvar konstrukce souvisejících částí přizpůsobí nově upraveným rozměrům).

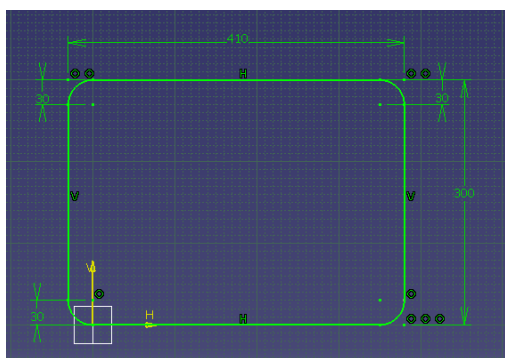
V následující praktické ukázce byly pomocí sketcheru vytvořeny jednotlivé díly brašny, jejichž konstrukce byla následně doplněna příslušnými kótami

charakterizujícími rozměry brašny. Skutečné číselné hodnoty brašny byly zjištěny prostřednictvím kontaktního měření skutečného modelu, který je zobrazen v příloze č. 4 (obr. č. P17 – P18). Popis jednotlivých funkcí, které lze využít při práci ve sketcheru jsou obsaženy v příloze č. 6.

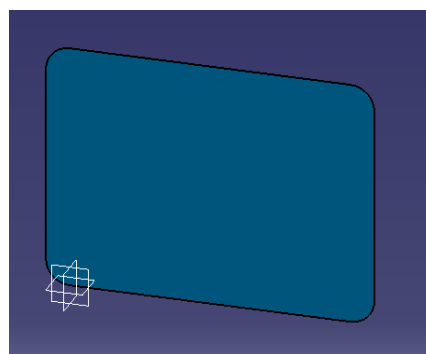
17.1.1 Konstrukce jednotlivých částí brašny

Konstrukce jednotlivých dílů, ze kterých se skládá celá ochranná brašna, byly konstruovány pomocí sketcheru, který je taktéž součástí aplikace Generative Shape Design. Každý díl ochranné brašny byl nejprve konstruován samostatně. Jde o plošnou konstrukci, která svými rozměry přesně odpovídá velikosti jednotlivých dílů ve skutečnosti. Takto zkonstruované jednotlivé části ochranné brašny lze následně doplnit o příslušné přídavky na švy (švové záložky) a následně využít při samotném výrobním procesu.

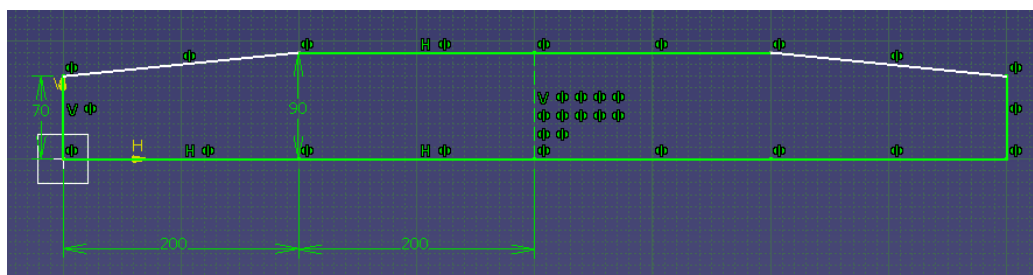
Při konstrukci jednotlivých dílů byly využívány zejména funkce: **Line**, **Circle**, **Spline**, **Plane**, **Break**, **Trim** a **Axis**. Zkonstruované části brašny byly následně doplněny plošným pokrytím pomocí funkce **Fill** a **Blend**. V galerii obrázků č. 85 - 94 je zachycena konstrukce jednotlivých dílů brašny.



Obrázek 86 - Konstrukce ZD brašny



Obrázek 85 - Hotový tvar ZD brašny



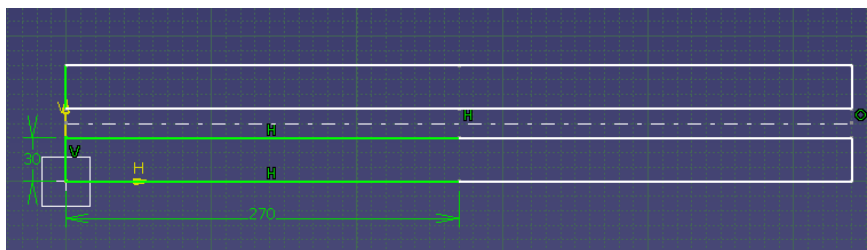
Obrázek 87 - Konstrukce spodní a 2/3 boční části brašny

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví



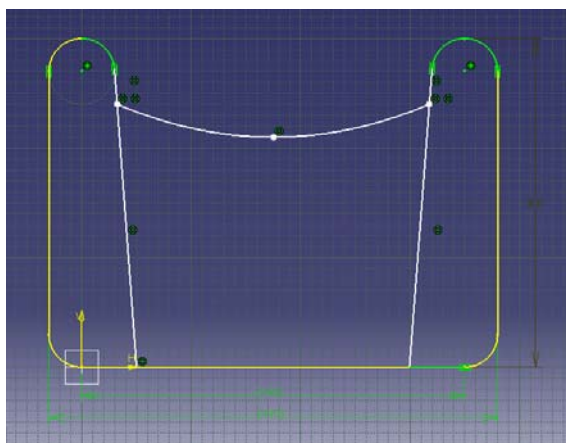
Obrázek 88 – Hotový tvar spodní a 2/3 boční části brašny



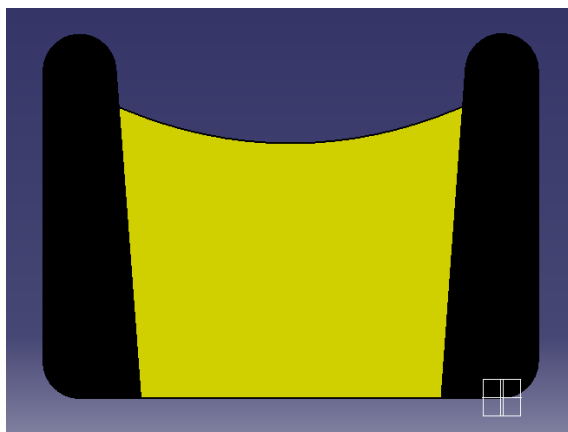
Obrázek 89 - Konstrukce vrchní části brašny (pro zdrhovadlo)



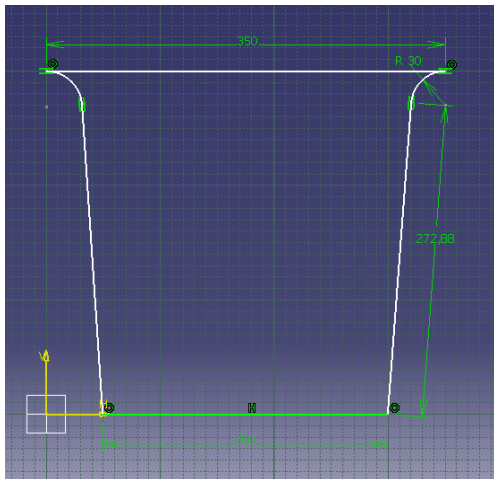
Obrázek 90 – Hotový tvar vrchní části brašny (pro zdrhovadlo)



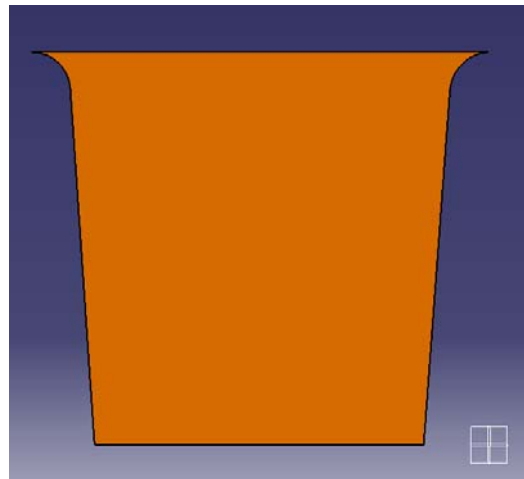
Obrázek 91 - Konstrukce kapsy a části PD



Obrázek 92 - Hotový tvar kapsy a části PD



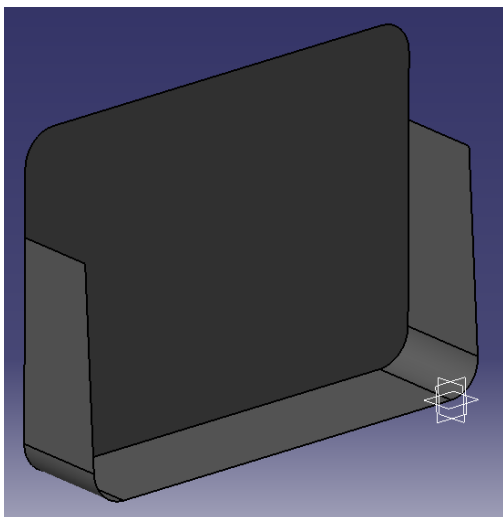
Obrázek 93 - Konstrukce středové části PD



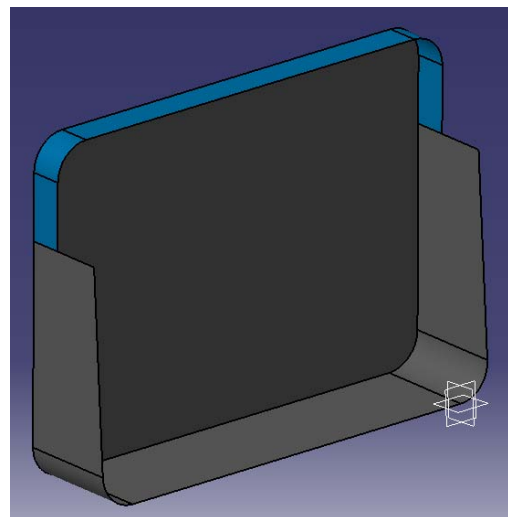
Obrázek 94 - Hotový tvar středové části PD

17.1.2 Konstrukce brašny hotovená prostřednictvím 3D projekce

V následující části byla řešena konstrukce ochranné brašny pro notebook prostřednictvím 3D projekce. Přední a zadní část brašny byla konstruována taktéž prostřednictvím sketcheru. Zbylé části brašny již byly konstruovány ve 3D pracovním prostředí aplikace Generative Shape Design (kombinace plošné – surface a objemové – solid konstrukce). Postupná konstrukce ochranné brašny pro notebook je znázorněna v následující galerii obrázků č. 95 – 101.



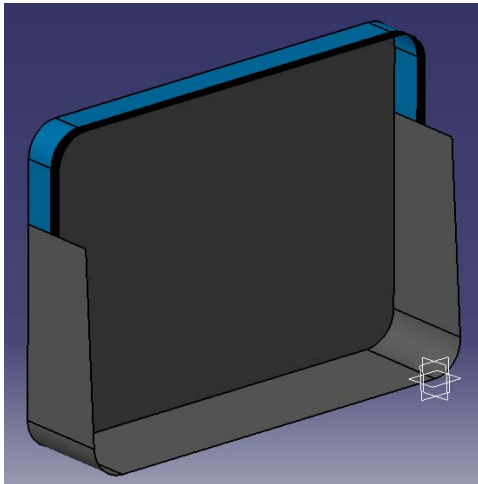
Obrázek 95 - Konstrukční řešení ZD a spodní části



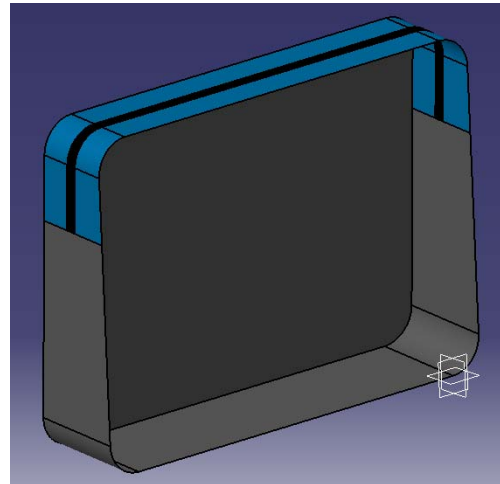
Obrázek 96 - Konstrukční řešení vrchní části

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

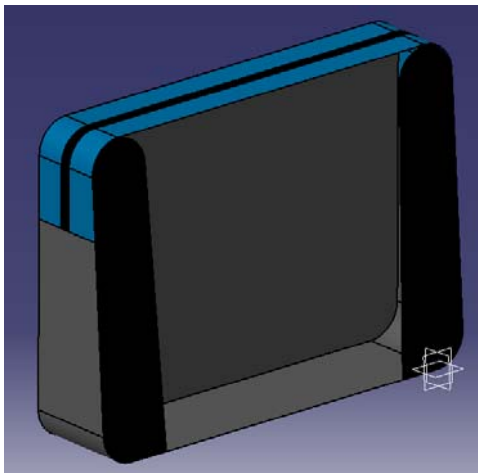
Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví



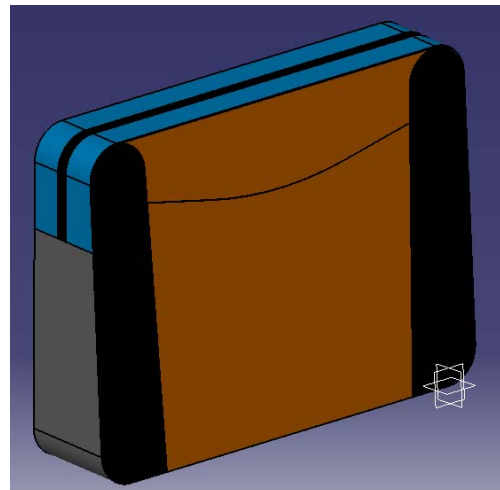
Obrázek 97 - Konstrukční řešení vrchní části



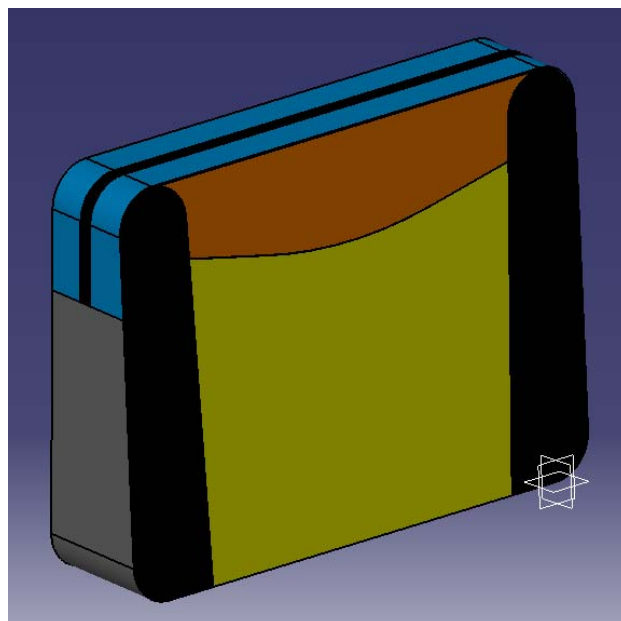
Obrázek 98 - Konstrukční řešení vrchní části



Obrázek 99 - Konstrukční řešení PD - boční části



Obrázek 100 - Konstrukční řešení PD středové části a kapsy



Obrázek 101 - Brašna pro notebook

Konstrukční řešení objektů prostřednictvím kombinace plošné a objemové konstrukce je velmi využívané při hotovení kompletního návrhu např. motoru.

Nespornou výhodou je provázanost veškerých dílů využitých při návrhu sestavy, jelikož každý díl je při prvotním konstrukčním řešení parametrizován a tedy každá pozdější úprava provedená na jedné části, která je součástí celé sestavy, se automaticky projeví i na částech ostatních, které s upravenou částí souvisí (rozměry upravené části dílu jsou parametricky vázány a tedy automaticky upraveny i na těch částech, které s upravovaným dílem souvisí).

Mezi další výhody při tvorbě sestav je také možnost zajištění průběžné kontroly a analýzy (pevnostní, dynamické, řešení kinematiky, únavy materiálu apod.), simulaci provozních stavů aj. Samozřejmostí je také možnost doložení kompletní technické dokumentace jednotlivých částí celé sestavy.

18 PŘÍPRAVA DAT PRO DESIGNCONCEPT 3D

Konstrukční řešení modelu dámských šatů (viz. kap. 15), autosedačky (viz příloha č. 3) a digitalizovaný model figuríny budou dále připraveny pro další zpracování v programu DesignConcept 3D.

Program DesignConcept 3D je určen zejména pro práci a 3D modelování textilních objektů. Pomocí tohoto softwaru je designér schopen navrhnout např. model kalhot, dále jej zpracovat dle potřebných tělesných rozměrů a následně jednotlivé díly vytvořeného modelu připravit pro rozvinování ze 3D zobrazení do 2D plošného zobrazení. Díky této úpravě je designér schopen získat přesný tvar stříhových dílů, které je možné následně využít pro oděvní výrobu takto navrženého modelu.

Aby bylo možné s těmito modely dále pracovat ve výše zmíněném programu, je třeba vytvořené modely převést do vhodného formátu, který je kompatibilní jak s CATIA V5, tak i se softwarem DesignConcept 3D. Jelikož má CATIA V5 k dispozici velké množství různých druhů přípon, se kterými je možné vytvořené modely ukládat, bylo nutné provést šetření, díky kterému byl zjištěn vhodný formát souboru, který je schopen DesignConcept 3D bez problému otevřít. Pomocí tohoto šetření bylo zjištěno, že vytvořené modely je vhodné ukládat jako soubory s příponou igs (viz. kap. 10.1).

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

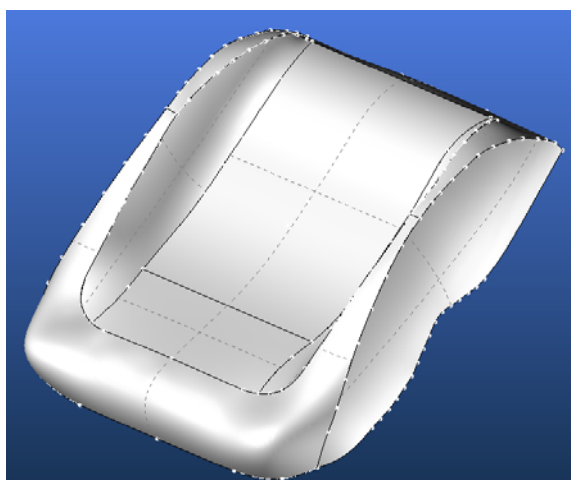
Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Tento formát je plně kompatibilní s programem DesignConcept 3D a umožňuje tak dále pracovat s modelem, který byl vytvořen v CATIA V5.

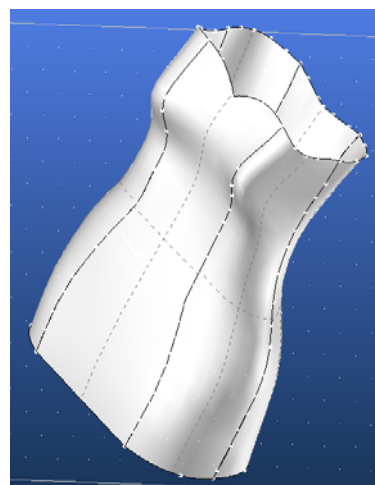
V následující galerii obrázků č. 102 – 104 jsou zachyceny ukázky modelů, které již byly exportovány do programu DesignConcept 3D.



Obrázek 102 - Import digitalizované figuríny



Obrázek 103 - Import modelu autosedačky



Obrázek 104 - Import modelu
dámských šatů

Konstrukce modelů, které byly předmětem šetření této diplomové práce, jsou obsaženy v příloze č. 7 na přiloženém CD ve formátu CATPart a lgs.

19 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem diplomové práce bylo seznámení s problematikou řešící možnosti konstrukce a modelování různých objektů, lidského těla a jeho částí. V teoretické části byly popsány možnosti využití různých způsobů převedení tvarů těles do digitální podoby z hlediska jak hardwarových možností, tak i z hlediska možné softwarové aplikace.

V experimentální části pak byl řešen způsob úpravy dat získaných digitalizací, která byla následně zpracována pomocí softwaru CATIA V5. Dále byly řešeny různé konstrukční modely, které byly konstruovány jak na základě dat získaných pomocí digitalizace, tak i konstrukcí modelů, při kterých digitalizovaná data využita nebyla.

Z konstrukčních příkladů uvedených v experimentální části je více než patrné, že konstrukce různých objektů s využitím digitalizovaného modelu výrazně usnadňuje práci a zkracuje časovou náročnost, kterou designér musí vynaložit při konstrukci a modelování daného objektu. Z toho tedy vyplývá, že využití principu Reverse Engineeringu je zejména např. pro automobilový průmysl (návrh a design karoserie automobilu) nedocenitelným pomocníkem, který díky svým možnostem výrazně zrychluje průběh technické přípravy budoucího modelu a následné výroby.

Využití Reverse Engineeringu také zajišťuje přesnou práci s digitalizovaným modelem, a to až v rozmezí tisícín milimetru. Tato skutečnost je však do jisté míry ovlivněna snímací technikou, která je použita při digitalizaci modelu (hustota a počet snímaných bodů). Pokud designér využívá principu právě této technologie, je schopen zajistit takřka minimální možnou odchylku rozměrů, která by mohla vzniknout při práci s digitalizovaným objektem, což je zejména v automobilovém a strojním průmyslu velmi důležité. Právě zde by při vzniku byť i milimetrové odchylky při modelování mohlo způsobit nedožrnné materiálové škody při následné výrobě konečného prvku.

Pokud designér pracuje s prvotním návrhem modelu, který má být posléze uveden na trh, je využití digitalizace taktéž velmi dobrým pomocníkem při konstrukčním řešení návrhu daného modelu. Navržený model lze lehce zhotovit, např. z modelářské hlíny, a následně převést do digitální podoby. S takto získaným modelem již je schopen konstruktér navrhnout jakoukoliv úpravu a modelaci výsledného prvku. Pokud by se při výrobě prvního prototypu vyskytl případný konstrukční problém, je tak

firma schopna podchytit případné vady ještě před zahájením sériové výroby, což je zvláště z hlediska finančního i časového pro firmu bezesporu velmi výhodné.

Ale nejen v automobilovém průmyslu lze uplatnit veškeré výhody, které využití technologie Reverse Engineeringu a systému CATIA V5 svým uživatelům nabízí. Např. právě digitalizace lidského těla a jeho částí je velmi rozšířená v průmyslu lékařském, kde tato digitalizovaná data slouží právě pro konstrukci a modelování tělesných náhrad jak celých končetin, tak i jeho silikonových částí. Dle mého názoru je vývoj právě této technologie pro společnost velmi užitečný. Alespoň částečně pomáhá lidem, kteří jsou díky svému tělesnému postižení izolováni od zdravých lidí, a jejichž naděje na vyléčení je již prakticky mizivá. Užívání např. silikonových náhrad tak uživateli alespoň z části může dodat pocit sebedůvěry a pomáhá mu tak lépe se začleněním do společnosti, pracovního procesu, či věnovat se dalším aktivitám, ke kterým si s využitím tělesné náhrady mnohem snáze nalezne cestu.

Digitalizaci postavy lidského těla je možné také využít při konstrukci a návrhu různých modelů oděvních výrobků. Ve společnosti se vyskytují různé typy postav, které mají nějakým způsobem odlišné tělesné rozměry, než dle kterých je vyráběna většina oděvních výrobků, které se v současnosti vyskytují na našem trhu. Budoucí uživatel by tak díky této technologii mohl získat oděv, který by přesně odpovídal jeho představám, a také přesně odpovídal proporcím jeho postavy. V současnosti je však velkou nevýhodou zejména cenová náročnost pořizování digitalizovaného modelu a následná práce s ním.

Digitalizace proporcí různých typů postav lze také využít například při somatometrickém šetření obyvatelstva. Jelikož se v průběhu let proporce postavy v lidské společnosti výrazně mění, díky digitalizaci lidského těla lze např. zaznamenat průběh vývoje různých typů postav a pomocí následného měření a modelování požadovaných rozměrů tak sestavit aktuální velikostní sortiment, který by se mnohem více přibližoval současným tělesným proporcím lidské postavy. Pro toto šetření bych zvolila využití technologie bezkontaktního snímání pomocí laserového skeneru. Využití této technologie umožňuje zachytit jakoukoliv nerovnost povrchu, lze nastavit hustotu snímaných bodů, a tedy kvalita výstupních dat je posléze mnohem vyšší. Tato technologie také nepotřebuje žádný kontakt se skenovaným objektem a není tedy

nutné povrch skenovaného objektu jakýmkoliv způsobem před samotným skenováním připravit, např. umístěním tzv. značek, které je nutné využít při technologii bezkontaktního snímání pomocí optických skenerů. Nevýhodou využití laserového skeneru je však jeho vysoká pořizovací cena a také délka časového cyklu, který je třeba zajistit pro naskenování jednoho objektu. V současnosti se tímto šetřením zabývá skupina vědců z Chinese University of Hong Kong. Zde jsou zpracovávány modelace různých typů postav. Vědci mají k dispozici databázi, která obsahuje až 5000 digitalizovaných modelů mužských i ženských typů postav.

Konstrukce objektů řešená prostřednictvím kombinace plošné 2D geometrie a následnou projekcí ve 3D prostorovém zobrazení je v současnosti velmi využívána zejména ve strojním průmyslu. Díky možnostem, které systém CATIA V5 pro konstrukci těles prostřednictvím aplikace zvané sketcher nabízí, je v současnosti právě tento konstrukční systém využíván mnoha firmami po celém světě.

Konstrukční řešení modelu prostřednictvím sketcheru zajišťuje např. kompletní parametrizovanou technickou dokumentaci, díky které je možné vyrobit prototyp navrženého modelu. Jelikož jsou jednotlivé části mezi sebou vzájemně konstrukčně provázány, je možné dle potřeby konstruktéra měnit rozměrové vlastnosti modelovaného objektu. Tyto rozměrové zněny jsou pak díky předchozí parametrizaci modelu automaticky převedeny i na související konstrukční části upravovaného modelu. Není tedy třeba při každé rozměrové změně hotovit nový model.

Samozřejmostí je také možnost doplnění popisu rozměrů jednotlivých částí plošného modelu prostřednictvím umístění příslušných kót. Ty jsou vázány na jednotlivé konstrukční části modelu (přímky, poloměry aj.). Takto vytvořená konstrukce jednotlivých částí lze pak snadno převést do příslušné části systému CATIA V5, ve které jsou tyto části zobrazeny jako parametrizovaný konstrukční díl ve formě technického výkresu.

20 ZÁVĚR

Problematika konstrukce a modelování pomocí 3D konstrukčních programů již dnes zasahuje do různých odvětví lidské činnosti po celém světě. Software CATIA V5 se již stal nedílnou součástí např. v automobilovém průmyslu, a to zejména díky svému jedinečnému řešení, díky kterému je schopen optimálně spolupracovat s konstruktérem, a tvoří tak jeden z nejkompexnějších systémů na světě. Bohužel dostupnost studijních materiálů poskytujících alespoň základní informace o struktuře a možnostech využití jednotlivých aplikací, které má CATIA V5 k dispozici, je mizivá. Budoucí uživatel by také jistě docenil sbírku praktických příkladů, které by mu tak pomohly rychleji a kvalitněji proniknout právě do oblasti různých možností konstrukčních řešení objektů, které CATIA V5, díky svému jedinečnému komplexnímu řešení, nabízí.

Práce se softwarem CATIA V5 je velmi zajímavá, proto bych jako další téma budoucí bakalářské či diplomové práce navrhla právě zpracování podrobnějších podkladů zaměřených právě na aplikaci Shape a moduly Digitized shape editor a Quick surface reconstruction, které by bylo vhodné doplnit praktickými ukázkami různých metod konstrukčních řešení. Právě tyto podklady by jistě usnadnily nejdříve začínajícímu konstruktérovi práci se softwarem CATIA V5 a umožnily tak lepší orientaci právě v aplikaci, která je určena zejména pro práci s digitalizovanými daty a modelovým řešením povrchu objektů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **CATIA V5** [on-line] Dostupné z:
<http://www.kks.zcu.cz/podklady/catia_page.html>
[citováno 10. 11. 2008]
- [2] **Vývoj 3D skenerů** [on-line] Dostupné z:
<http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=692>
[citováno 26. 11. 2008]
- [3] **IDIADA CZ a.s.** [on-line] Dostupné z:
<<http://www.idiada.cz/cz/produkty-catia.htm>>
[citováno 10. 11. 2008]
- [4] **CATIA V5** [on-line] Dostupné z:
<<http://www.sps-prosek.cz/navody/navodCatia.pdf>>
[citováno 26. 02. 2009]
- [5] **Technická zpráva, Průvodní dokumentace k produktu skenování figuríny**
Gefos a.s. Praha
[citováno 14. 02. 2009]
- [6] **Technologie snímání** [on-line] Dostupné z:
<<http://robo.hyperlink.cz/index.html>>
[citováno 14. 02. 2009]
- [7] **Počítačová grafika** [on-line] Dostupné z:
<<http://www.konvalinka.org/PDF/GRAFIKA/grafika2006.pdf>>
[citováno 14. 02. 2009]
- [8] **3D Grafika a Rendering** [on-line] Dostupné z:
<http://kolda-design.ic.cz/referat_PVM_rendering.pdf>
[citováno 24. 02. 2009]
- [9] **Geometrické a PC modelování** [on-line] Dostupné z:
<http://www.fd.cvut.cz/personal/voracova/GM/PGR021/GM_Jezek.pdf>
[citováno 24. 02. 2009]

- [10] **CATIA V5 Manuál – Generative Shape Design** [on-line] Dostupné z:
<http://www.bezakdesign.sk/manualy/CATIA/4-Generative_Shape_Design.pdf>
[citováno 24. 02. 2009]
- [11] **CATIA V5 Manuál** [on-line] Dostupné z:
<http://ps-2.kev009.com:8081/CATIA-B18/CATIA_P3_default.htm>
[citováno 24. 02. 2009]
- [12] **Ukázky postupu při vývoji výrobků pro ortopedii a protetiku** [on-line] Dostupné z: <<http://autodesk.c-agency.cz/data/files/prezentaceautodeskforum2008-3850.pdf>>
[citováno 20. 03. 2009]
- [13] **CATIA V5 Manuál - Sketcher** [on-line] Dostupné z:
< <http://www.bezakdesign.sk/manualy/CATIA/2-Sketcher.pdf>>
[citováno 16. 04. 2009]
- [14] **Virtual Prototyping** [on-line] Dostupné z:
<<http://www.vu.vutbr.cz/digidesign/Moduly/Virtu%C3%A1ln%C3%AD%20prototypy%20-%20Ing.%20David%20Palou%C5%A1ek.pdf>>
[citováno 18. 04. 2009]
- [15] **Parameterization and parametric design of mannequins** [on-line] Dostupné z:
< <http://www2.mae.cuhk.edu.hk/~cwang/pubs/CADParaHuman.pdf>>
[citováno 18. 04. 2009]
- [16] **CA Technologie** [on-line] Dostupné z:
< <http://www.designtech.cz/c/cad/cad/from.act?16>>
[citováno 18. 04. 2009]
- [17] **3D návrhové programy** [on-line] Dostupné z:
< <http://www.archcad.cz/>>
[citováno 18. 04. 2009]
- [18] **Aplikace CAD/CAM softwaru** [on-line] Dostupné z:
< http://cadcam.fme.vutbr.cz/studentske_prace/DP_Lukes.pdf>
[citováno 18. 04. 2009]
- [19] **Porovnávání přednosti digitalizované plochy modelu** [on-line] Dostupné z:
<[http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST\(SVOC\)/_2008/_sbornik/PapersPdf/Ing/Kroupa_Miroslav.pdf](http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2008/_sbornik/PapersPdf/Ing/Kroupa_Miroslav.pdf)>
[citováno 18. 04. 2009]

- [20] **Metodika návrhu světlometu v systému CATIA V5** [on-line] Dostupné z:
< http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=25>
[citováno 18. 04. 2009]
- [21] **Generování trojúhelníkové sítě** [on-line] Dostupné z:
< https://dip.felk.cvut.cz/browse/pdfcache/drtint1_2008dipl.pdf>
[citováno 18. 04. 2009]
- [22] **3D počítačová grafika na PC** [on-line] Dostupné z:
< <http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/lectures/pdf/Grafika2003.pdf>>
[citováno 18. 04. 2009]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1.: Reprezentace těles a tvorba geometrie

Příloha č. 2.: Záznam průběhu skenování figuríny

Příloha č. 3.: Konstrukce a modelování autosedačky

Příloha č. 4.: Ukázka fotografické dokumentace ochranné brašny pro notebook

Příloha č. 5.: Manuál CATIA V5 – Generative Shape Design

Příloha č. 6.: Manuál CATIA V5 – Sketcher

Příloha č. 7.: CD s obsahem:

- Diplomová práce ve formátu DOC
- Diplomová práce ve formátu PDF
- Konstrukční řešení veškerých úloh v systému CATIA V5 ve formátu CATIA Part
- Konstrukční řešení vytipovaných úloh v převedeném formátu igs.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

aj.	-	a jiné
apod.	-	a podobně
ATOS	-	Advanced Topometric Sensor
CAD	-	Computer Aided Design
CAE	-	Computer Aided Engineering
CAI		Computer Aided Inspection
CAM	-	Computer Aided Manufacturing
CMM	-	Control Measuring Machine
CATIA	-	Computer-Graphics Aided ThreeDimensional Interactive Application
č.		číslo
např.	-	například
obr.	-	obrázek
PD	-	Přední díl
PDM	-	Product Data Management
resp.	-	respektive
s.r.o.	-	Společnost s ručením omezením
tj.	-	to je
tzv.	-	takzvaně
ZD	-	Zadní díl
&	-	a
2D	-	2 – dimenzionální zobrazení (dvojezměrné)
3D	-	3 – dimenzionální zobrazení (trojezměrné)

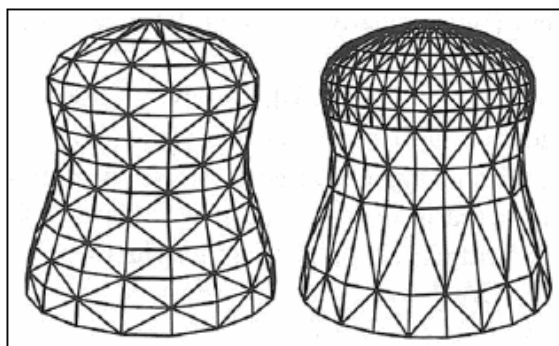
PŘÍLOHA č. 1

REPREZENTACE TĚLES A TVORBA GEOMETRIE

Těleso je možné definovat jako množinu bodů v prostoru splňující určitá kritéria. Např. sjednocením dvou disjunktních množin vnitřních a hraničních bodů. Těleso je chápáno jako spojitý útvar. Čili křivka, úsečka ani plocha nejsou tělesa (ale používají se pro popis hraničních množin bodů) [14].

Popis pomocí trojúhelníků

Popis pomocí sítě trojúhelníků je velmi výhodný. Trojúhelník je vždy konvexní a leží v rovině. Pro vyplňování tělesa trojúhelníkovou sítí existují rychlé algoritmy a zobrazení je podporováno grafickým procesorem. Sít lze výhodně optimalizovat [14].



P1 - Trojúhelníková síť

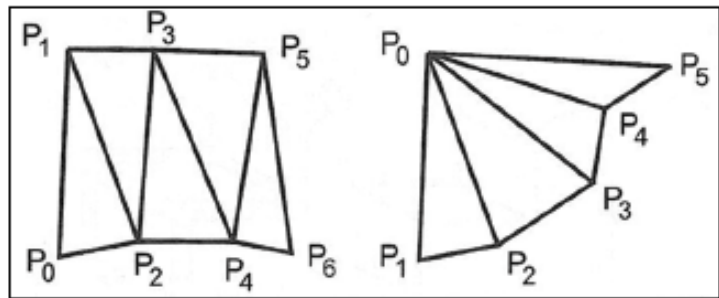
Sít je množina trojúhelníků sdílejících svoje hrany. Datová struktura je rozdělena do části geometrické a části topologické. Geometrická část zaznamenává souřadnice vrcholů, topologická udržuje informace o tom, které vrcholy tvoří trojúhelník nebo které trojúhelníky spolu sousedí (viz obr. č. P1) [14].

Sledovaná kritéria:

1. Přesné a úsporné vyjádření tvaru, který síť reprezentuje.
2. Uspořádání vhodné pro další zpracování sítě.

První kritérium je významné především při převodu z jiné reprezentace do triangulární sítě. Sít není vhodná pro modelování tvaru těles, používají se jiné postupy. Ovšem uchování nebo přesnost pomocí trojúhelníkové sítě jsou výhodné. Jde především o optimalizaci počtu trojúhelníků a současně zachování co možná nejpřesnějšího tvaru [14].

Druhým kriteriem jsou požadavky na topologii. Pro počítačové zpracování není výhodné oddělení geometrických a topologických dat. Grafický procesor zpracovává pole. Proto se síť převede do posloupnosti souřadnic vrcholů (triangle strip). Trojúhelníky lze uspořádat i do vějíře (triangle fan). Nalezení množiny pruhů nebo vějířů pro libovolnou síť není zcela vyřešenou úlohou (viz obr. č. P2) [14].



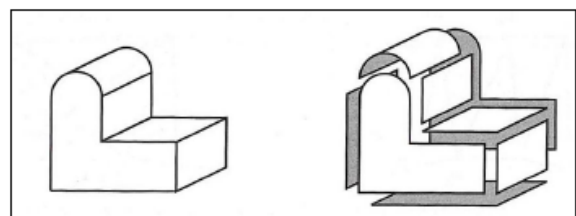
P2 - Strip, Triangle fan

Nevýhody:

- Nesnadné mapování textur
- Geometrický alias – projevuje se při změně měřítka
- Těleso reprezentované několika dotýkajícími se sítěmi v hranách se může při změně měřítka roztrhnout (crack). To je způsobeno numerickou chybou v paměti počítače. Tyto případy nastávají především v okolí tzv. T-bodů. Ty je vhodné předem detekovat a eliminovat ze sítě.

Hraniční reprezentace (Boundary Representation, B-rep)

Jedná se o popis hraničních bodů. Informace o vnitřních bodech jsou odvozeny od popisu hranice nebo nejsou uvedeny (viz. obr. č. P3) [14].

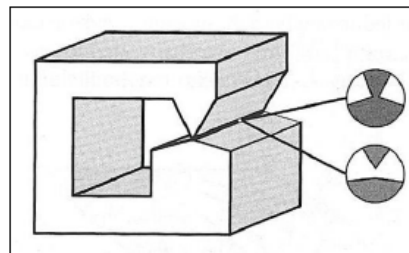


P3 - Hraniční reprezentace

Manifold

Obecná definice tělesa umožňuje vytvářet i objekty nevyrobitelné. Pojem manifold tedy

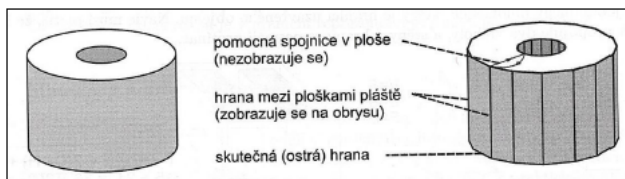
odpovídá nějakému skutečnému tělesu (někdy také 2-manifolds). Počítačový popis může definovat i nevyrobitelné těleso, což je důsledkem matematického popisu (např. tělesa dotýkajícího se v bodě). Nevyrobitelné těleso se nazývá nonmanifold (viz. obr. č. P4). Manifold je tedy těleso, jehož každá hrana náleží právě dvěma plochám a jehož hrany neprotínají jiné plochy [14].



P4 - Nonmanifold

Vrcholy, hrany, stěny

K popisu tělesa jsou standardně používány nejen základní prostorové prvky, body, úsečky, plochy, ale i křivky a obecné plochy. Zakřivená plocha může být nahrazena sítí rovinných plošek. Při popisu objektu lze využít aproximaci pomocí dalších ploch. Vznikají pomocné hrany (obr. č. P5), které nejsou vykreslovány (pokud netvoří obrys tělesa) [14].



P5 - Rozdělení na hrany

Jednoduchá plošková reprezentace

- Hranice je tvořena plochami, je rozšířením předchozí reprezentace
- Plochy lze uspořádat do sítě trojúhelníků nebo polygonů
- Vrcholy se indexují proti směru pohybu hodinových ručiček (ccw)
- Lze tak odvodit i směr normálového vektoru, který směřuje z tělesa ven. Chybí však údaje o typu hran a nelze lehce zjistit, které plošky sousedí s danou hranou

Strukturovaná plošková reprezentace

- Navrhl Baumgart
 - známá jako okřídlená hrana (winged-edge), kvůli zobrazení hrany a sousedních prvků

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

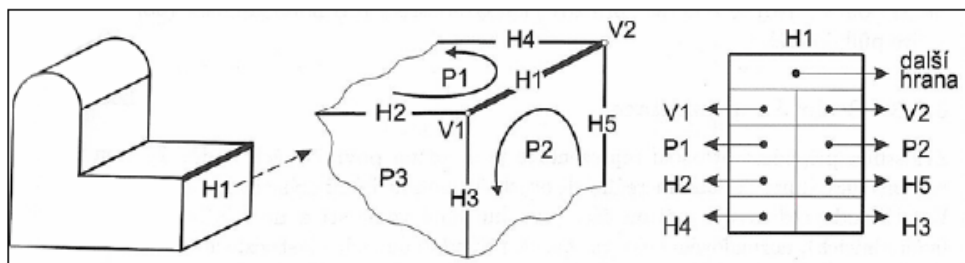
Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

- Záznam hrany obsahuje ukazatele na sousedící geometrické entity (plochy, vrcholy, hrany)
- Hrany jsou zřetězeny
- Jedno těleso je tvořeno třemi seznamy, které jsou hierarchicky uspořádány
→ nejnižší je seznam vrcholů, pak seznam okřídlených hran a pak seznam ploch tělesa

Co lze ze záznamu odvodit?

- Plochy sousedící s vybranou plochou
- Plochy sdílející danou hranu
- Plochy stýkající se ve vybraném vrcholu
- Hrany a vrcholy dané plochy nebo stěny

Geometrické údaje zabírají cca 25% paměti. Zbytek zabírají topologické informace o tělese. Struktura je určena pouze pro manifoldy. Pro nonmanifoldy se používá upravená datová struktura – půlhrana. Hrana tělesa je rozdělena na skupinu půlhran. Půlhrana pak reprezentuje dvojici stěna-hrana (viz obr. P6) [14].



P6 - Okřídlená plocha

Bodová reprezentace

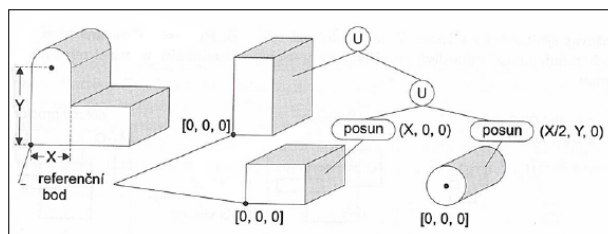
Hraniční reprezentace je realizována množinou povrchových bodů. Body jsou získány např. digitálním skenováním nebo nějakým algoritmem. Reprezentace klade vysoké nároky na paměť a výpočetní výkon [14].

Konstruktivní reprezentace (Constructive Solid Geometry-CSG)

Cílem je popsat tělesa tak, aby odrážela postupy konstruktéra při vytváření geometrie.

CSG – Constructive Solid Geometry

Reprezentace má stromovou strukturu, která uchovává historii modelování. Stavba modelu se děje pomocí tzv. primitiv. Pomocí

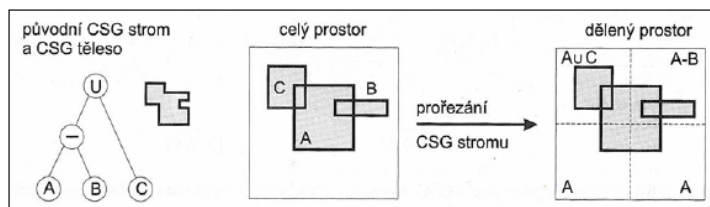


množinových operací a prostorových

P8 - CSG – Constructive Solid Geometry

transformací je pak složen výsledný objekt (viz obr. č. P7). Operace vlastně simulují technologické procesy jako svařování, lepení, vrtání, řezání, obrábění, frézování. Reprezentace je určena především pro konstruktéry, pro vykreslování není vhodná, protože neobsahuje popis hran. Nalezení hran je poměrně složitý proces, související s modelováním těles. CSG je však možné zjednodušit. Modelovací, resp. zobrazovací prostor, je rozdělen na menší části. Je zaznamenáván tzv. prořezaný CSG strom (viz.

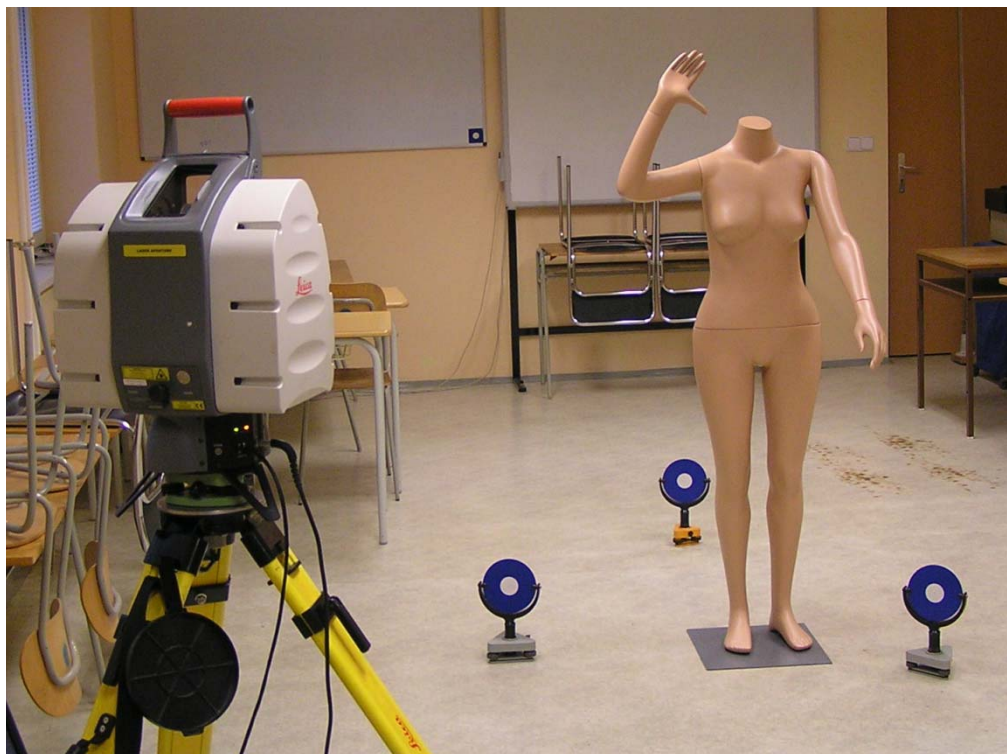
obr. č. P8). Pokud se v dané části prostoru primitivní těleso nevyskytuje, je větev stromu odstraněna. Tak se zbavíme nevyužitých větví [14].



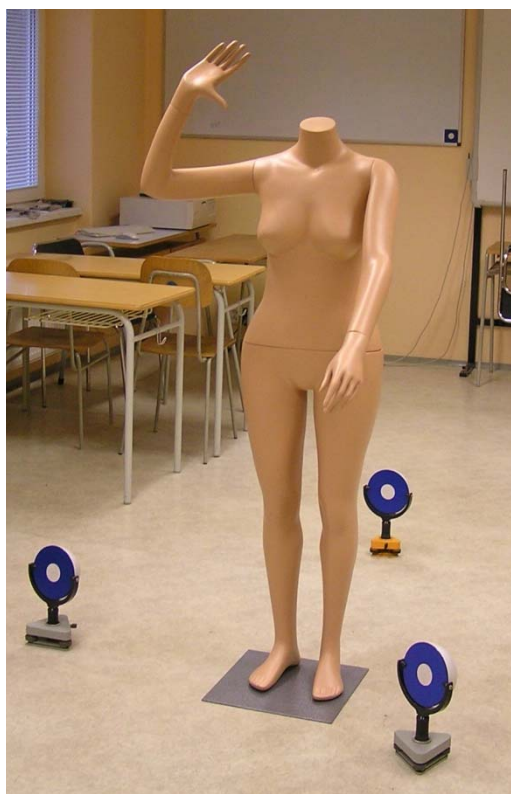
P7 - Prořezání CGS stromu

PŘÍLOHA č. 2

ZÁZNAM PRŮBĚHU SKENOVÁNÍ FIGURÍNY



P9 - Skenování figuríny



P10- Skenování figuríny

PŘÍLOHA č. 3

KONSTRUKCE A MODELOVÁNÍ AUTOSEDAČKY

Ukázka fotografické dokumentace autosedačky



P11 - Autosedačka



P12 - Autosedačka

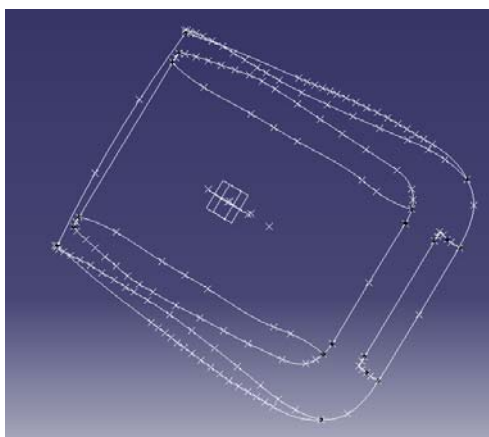


P13 - Autosedačka

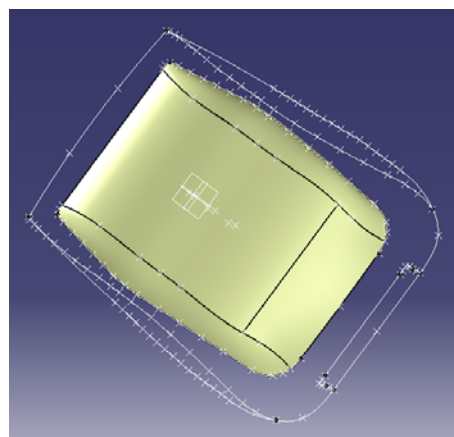
Konstrukce objektu řešená generováním jednotlivých bodů

Pomocí systému CATIA V5 byla řešena také konstrukce modelu opěradla autosedačky. Rozměry autosedačky byly zjištěny prostřednictvím kontaktního měření skutečného objektu. Na základě takto získaných vstupních údajů byla konstrukce celého modelu řešena generováním jednotlivých bodů **Point**, které byly charakterizovány prostřednictvím hodnot v osách X, Y a Z. Každý bod byl konstruován samostatně pouze na základě hodnot rozměrů získaných při kontaktním měření autosedačky. Pomocí aplikace křivek **Spline** a přímek **Line** byly následně tyto body propojeny a vznikla tak tedy kompletní konstrukční síť. Dále pak byla celá konstrukční síť doplněna plošným pokrytím pomocí funkce **Power fit**.

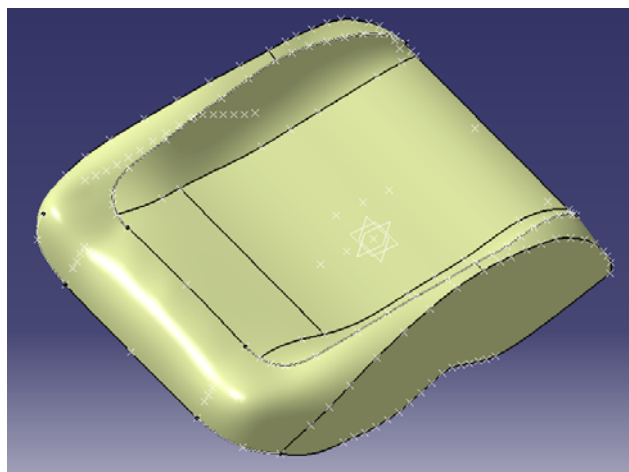
Fotografická dokumentace autosedačky je znázorněna na obr. P3 – P5. V následující galerii obrázků č. P6 – P8 je zachycena konstrukce modelovaného objektu a následné plošné pokrytí konstrukční sítě.



P14 – Konstrukce autosedačky



P15 – Konstrukce autosedačky



P16 – Konstrukce autosedačky

PŘÍLOHA č. 4

UKÁZKA FOTOGRAFICKÉ DOKUMENTACE OCHRANNÉ BRAŠNY PRO NOTEBOOK



P 17- Profil brašny pro notebook



P 18 - Brašna pro notebook

PŘÍLOHA č. 5

MANUÁL CATIA V5

Aplikace Shape – Generative Shape Design

Příkazy pro vytvoření Wireframe geometrie



POINT (BOD) – Vytvoří bod v požadovaném tvaru:

Coordinates - Vytvoření bodu pomocí souřadnic – Zadáním souřadnic X, Y, Z.

On Curve - Vytvoření bodu na křivce – Zvolením křivky, na kterou má být bod aplikován.

- **Curve** – Křivka, na které bude ležet nový bod.
- **Distance to reference** – Nabízí 2 možnosti definice bodu: Vzdáleností na křivce, nebo poměrem délky křivky.
- **Reference** – Definice bodu, od kterého je specifikován nový bod. Pokud vybraný bod není na křivce, je projektován na ni.

On Plane - Vytvoření bodu v rovině – Výběrem roviny, na kterou má být bod aplikován.

- **Plane** – Rovina, na které bude bod ležet.
- **H: V:** – Horizontální a vertikální souřadnice.
- **Reference** – Definice bodu, od kterého je specifikován nový bod. Pokud nový bod není na rovině, je projektován na ni.
- **Projection** – Definice plochy, na kterou bude nový bod promítnutý kolmo od roviny.

On Surface - Vytvoření bodu na povrchu – Výběrem plochy, na kterou má být bod aplikován.

- **Surface** – Plocha, na které bude bod vytvořen.
- **Direction** – Směr, kterým bude zadána vzdálenost.
- **Distance** – Vzdálenost mezi výchozím a koncovým bodem.
- **Reference** – Definice bodu, od kterého je specifikován nový bod.

Circle/Sphere/Ellipse Center - Vytvoření bodu ve středu kružnice – Zvolit kružnici nebo elipsu pro umístění bodu, ten se vytvoří v jejím středu.

Tangent on curve - Vytvoření bodu pomocí tečny – Vybrat přímky nebo křivky pro aplikaci.

- **Curve** – Křivka, na které bude vytvořený nový bod.
- **Direction** – Směr, kterým je definována tangentnost.

Between - Vytvoření bodu mezi další 2 body – Výběrem dvou bodů určíme pomyslnou čáru, na které bude vytvořen bod zadáním poměru Ratio, nebo tlačítkem Middle point (středový bod).



POINTS AND PLANE REPETITION – Opakování několika bodů nebo rovin – vybrat křivku nebo bod, na který bude křivka aplikována, uvést počet bodů, směr nebo vzdálenosti mezi budoucími body.

- **Parametres** – Výběr ze dvou možností zadávání parametrů.
- **Second points** – Bod na křivce, který určuje hranici pro vytvoření bodů. Standardně je hraničním bodem konec křivky.



EXTREMUM – Vytvoření extrémního prvku (bodu) – Zvolit křivku a směr k místu, ve kterém se nachází nejvyšší bod křivky.

- **Element** – Objekt, na kterém bude hledán extrém.
- **Direction** – Směr, ve kterém bude hledán extrém.
- **Optimal Directions** – Další dva směry (Max a Min), ve kterých bude hledán extrém.



EXTREMUMPOLAR – Vytvoření Polárního extrémního prvku (bodu)

- **Type** – Možnosti pro výběr bodu Max, Min radius (Angle).
- **Contour** – Skica, na které chceme určit bod s polárními extrémy.
- **Support** – Rovina, ve které bude prováděna analýza.
- **Axis** – V tomto okně určíme počáteční bod a vektor pro určení extrému.
- **Analisis** – Naměřené hodnoty podle zvoleného typu.



LINE – Vytvoření přímky v prostoru – lze ji definovat:

Point - Point – Vytvoření mezi dvěma body

- **Point 1,2** – Body, kterými bude přímka procházet.
- **Support** – Plocha, na které bude vytvořena.
- **Start, End** – Posun počátečního a koncového bodu.
- **Length Type** – Možnosti omezení přímky.

→ Výběrem položky Mirrored extend dojde k zrcadlení přímky kolem počátečního nebo koncového bodu.

Point - Direction – Vytvoření pomocí bodu a směru přímky

- **Point** – Bod, kterým bude přímka procházet.
- **Direction** – Směr, kterým bude přímka vedena.
- **Support** – Plocha, na které bude vytvořena.
- **Start, End** – Posun počátečního a koncového bodu.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

- **Length Type** – Možnosti omezení přímky.

→ Výběrem položky Mirrored extend dojde k zrcadlení přímky kolem počátečního nebo koncového bodu.

Angle/Normal to Curve

- **Curve** – Vstupní křivka.
- **Support** – Plocha, určující rovinu nové přímky.
- **Point** – Bod, kterým bude přímka procházet.
- **Angle** – Úhel mezi vstupní přímkou nebo tangentou a novou přímkou v rovině vybrané přímky nebo plochy.
- **Start, End** – Posun počátečního a koncového bodu.
- **Length Type** – Možnosti omezení přímky.

→ Výběrem položky Mirrored extend dojde k ozrcadlení přímky kolem počátečního bodu.

→ Výběrem položky Geometry on support se nová přímka promítne na vybranou plochu.

→ Položka Normal to Curve umožňuje nastavit novou přímku kolmo na tangentu vybrané přímky.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru přímky.

→ Výběrem položky Repeat object after OK se po potvrzení dialogového okna objeví nové, kde můžeme zadat počet kopií.

Tangent to Curve

- **Curve** – Vstupní křivka.
- **Element 2** – Křivka nebo bod, kterým bude přímka procházet.
- **Support** – Plocha, na kterou bude přímka projektována.
- **Tangency Option** – Umožňuje výběr mezi dvěma typy, Mono-Tangent a Bi-Tangent. A také posun počátečního a koncového bodu.
- **Length Type** – Možnosti omezení přímky.

→ Výběrem položky Mirrored extend dojde k ozrcadlení přímky kolem počátečního bodu.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru přímky.

→ Přepnutí na další řešení umožňuje položka Next Solution.

Normal to Surface

- **Surface** – Plocha, kterou bude kolmo procházet přímka.
- **Point** – Bod, kterým bude přímka procházet.
- **Start, End** – Posun počátečního a koncového bodu.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

- **Length Type** – Možnosti omezení přímky.

→ Výběrem položky Mirrored extend dojde k ozrcadlení přímky kolem počátečního bodu.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru přímky.

Bisecting

- **Line 1** – Vstupní přímka 1.
- **Line 2** – Vstupní přímka 2.
- **Point** – Bod, kterým bude půlíci přímka procházet. Automaticky je určen průsečík vstupních přímek.
- **Support** – Plocha, na kterou bude přímka projektována.
- **Start, End** – Posun počátečního a koncového bodu.
- **Length Type** – Možnosti omezení přímky.

→ Výběrem položky Mirrored extend dojde k ozrcadlení přímky kolem počátečního bodu.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru přímky.

→ Přepnutí na další řešení umožňuje položka Next Solution



AXIS (OSA) – Vytvoření osy na určitých elementech

- **Direction** – Zde je určen vektor, dle kterého bude směr osy orientován. Může být orientován podél vektoru, nebo kolmo na něj. Lze jej také aplikovat kolmo na kružnici.



POLYLINE – Vytvoření lomené přímky

→ Výběrem bodů se vytváří lomené přímky. Body lze odstraňovat nebo libovolně přidávat. V bodech lze také definovat radius. Položka Close Polyline umožňuje uzavřít lomenou přímku.



PLANE – Vytvoření roviny v prostoru – lze ji definovat:

Offset From Plane

- **Reference** – Rovina, podle které bude vytvořena kopie.
- **Offset** – Vzdálenost mezi novou a původní rovinou.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru offsetu.

→ Výběrem položky Repeat Object After OK se po potvrzení dialogového okna objeví nové, kde lze zadat počet kopií.

Parallel Through Point

- **Reference** – Rovina, podle které bude vytvořena kopie.
- **Point** – Bod, kterým bude rovina procházet.

Angle/Normal to Plane

- **Rotation Axis** – Osa, okolo které se vytvoří kopie.
- **Reference** – Rovina, podle které bude vytvořená kopie.
- **Angle** – Úhel mezi novou a původní rovinou.

→ Položka Normal to Plane, umožňuje nastavit novou rovinu kolmo na původní rovinu.

→ Výběrem položky Repeat Object After OK se po potvrzení dialogového okna objeví nové, kde lze zadat počet kopií.

Through three point

→ Rovina je definována třemi body v prostoru.

Through two lines

→ Rovina je definována dvěma přímkami v prostoru.

→ Výběrem položky Forbid non coplanar lines znemožníme vytvoření roviny, která nemá přímky v jedné rovině.

Through point and line

→ Rovina je definována bodem a jednou přímkou.

Through planar curve

→ Výběrem křivky Curve, která je v rovině, se vytvoří rovina nová.

Normal to curve

→ Rovina je vytvořena kolmo na vybranou křivku v daném bodě. Automaticky je vybrán středový bod.

Tangent to surface

→ Rovina je vytvořena tangentsně na vybranou plochu v daném bodě.

Equation

→ Zadáním parametrů rovnice se vytvoří rovina, která bude procházet bodem.

→ Položka Normal to compass znamená, že rovina bude kolmá k vektoru kompasu.

→ Položka Parallel to green znamená, že rovina bude rovnoběžná s rovinou aktuálního pohledu.

Mean through points

→ Rovina je vytvořena výběrem třech a více bodů. Body lze editovat pomocí položek Remove a Replace.



PROJECTION – Projekce

- **Projection Type** – Výběr mezi dvěma typy projektování. Prvním je Normal, který promítá entitu kolmo na plochu. Druhým je Along a direction umožňující zvolit směr projekce.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

- **Projected** – Objekt, který bude projektovaný na plochu.
- **Support** – Plocha, na kterou bude objekt projektován.
- **Direction** – Vektor, který určuje směr projekce.
- **Smoothing** – Možnost hladkosti vyprojektované entity s danou odchylkou.

→ Výběr položky Nearest solution umožňuje zachovat nejbližší projekci.



COMBINE – Kombinece

- **Combine Type** – Výběr mezi dvěma typy kombinované projekce. Prvním je Normal, který vytvoří kombinovanou křivku, která je průsečíkem dvou z křivek kolmo vytažených rovin. Druhým je Along a direction umožňující zvolit směr vytažení.
- **Curve 1, 2** – Vstupní křivky.
- **Direction** – Vektory, které určují směr vytažení.

→ Výběr položky Nearest solution umožňuje zachovat nejbližší projekci.



REFLECT LINE – Odraz čáry

- **Support** – Plocha, na kterou bude odraz projektován.
- **Direction** – Vektor, který určuje směr projekce.
- **Angle** – Úhel mezi vektorem a normálou plochy.

→ Výběrem položky Normal je úhel definován mezi vektorem a normálou plochy. Zrušením položky Normal je úhel definován mezi vektorem a rovinnou tečnou na plochu.

→ Výběrem položky Repeat object after OK se po potvrzení dialogového okna objeví nové, kde můžeme zadat počet kopií.



INTERSECTION – Průsečík

- **First (Second) element** – Entity, mezi kterými hledáme průsečík. Výběrem položky Extend linear supports for intersection umožníme případné lineární prodloužení.
- **Curves Intersection With Common Area** – U průsečíku dvou křivek lze volit mezi křivkou nebo bodem.
- **Surface-Part Intersection** – U průsečíku plochy a tělesa lze volit mezi obrysem nebo plochou.

→ Výběrem položky Extrapolate intersection on first element se na prvním elementu prodlouží průsečík.

→ Výběrem položky Intersect non coplanar line segments umožníme vytvořit průsečík dvou neprotínajících se čar. Bod je vytvořen ve středu nejkratší vzdálenosti mezi čarami. Musí být vybrané obě položky Extend linear supports for intersection.



PARALLEL CURVE – Rovnoběžná křivka

- **Curve** – Výchozí křivka.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

- **Support** – Plocha, na které bude kopie vytvořena.
- **Constant** – Hodnota posunu křivky. Posun lze definovat i v položce Law. V novém dialogovém okně vybereme ze čtyř možností a zadáme parametry.
- **Point** – Bod, kterým bude křivka procházet.
- **Parameters** – Výběr ze dvou možností offsetu a typu rohu (ostrý nebo zaoblený).
- **Smoothing** – Možnost hladkosti vyprojektované entity s danou odchylkou.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru.

→ Výběrem položky Both Sides se vytvoří nové křivky na obě strany od vstupní křivky.

→ Výběrem položky Repeat object after OK se po potvrzení dialogového okna objeví nové, kde můžeme zadat počet kopií.



3D CURVE OFFSET – Offset křivky v prostoru

- **Curve** – Výchozí křivka.
- **Direction** – Směr vektoru vytvářeného offsetu.
- **Offset** – Hodnota posunu vytvářené křivky. Položka Reverse direction otáčí směr vektoru.
- **3D Coroner Parameters** – Tyto parametry umožňují zachovávat singularitu.



CIRCLE – Kružnice – lze ji definovat:

Center and Radius

- **Center** – Střed kružnice.
- **Support** – Rovina, na které bude kružnice vytvořena, je tečná k vybrané ploše.
- **Radius** – Poloměr kružnice.
- **Circle Limitations** – Možnosti vytvoření kružnice a její hranice.

→ Výběrem položky Geometry on support se vytvořená kružnice promítne na vybranou plochu.

Center and Point

- **Center** – Střed kružnice.
- **Point** – Bod ležící na kružnici.
- **Support** – Rovina, na které bude kružnice vytvořena, je tečná k vybrané ploše.
- **Circle Limitations** – Možnosti vytvoření kružnice a její hranice.

→ Výběrem položky Geometry on support se vytvořená kružnice promítne na vybranou plochu.

Two points and Radius

- **Point 1, 2** – Body ležící na kružnici.
- **Support** – Rovina, na které bude kružnice vytvořená, je tečná k vybrané ploše.
- **Radius** – Poloměr kružnice.
- **Circle Limitations** – Možnosti vytvoření kružnice a její hranice.

→ Výběrem položky Geometry on support se vytvořená kružnice promítne na vybranou plochu.

→ Položka Next solution umožňuje přepínat mezi více řešeními.

Three points

- **Point 1, 2** – Body ležící na kružnici.
- **Optional** – Zvolením plochy v položce Support a výběrem položky Geometry on support se vytvořená kružnice promítne na vybranou plochu.
- **Circle Limitations** – Možnosti vytvoření kružnice a její hranice.

Bitangenr and Radius

- **Element 1, 2** – Body nebo křivky, ke kterým bude kružnice tečná.
- **Support** – Rovina, na které bude kružnice vytvořená.
- **Radius** – Poloměr kružnice.
- **Circle Limitations** – Možnosti vytvoření kružnice a její hranice.

→ Výběr položek Trim Element 1,2 umožňuje ořezat první, druhý nebo oba elementy.

→ Položka Next solution umožňuje přepínat mezi více řešeními.

Bitangenr and Point

- **Element 1** – Bod nebo křivka, ke které bude kružnice tečná.
- **Curve 2** – Křivka, ke které bude kružnice tečná.
- **Support** – Rovina, na které bude kružnice vytvořená.
- **Point** – Bod ležící na Curve 2.
- **Circle Limitations** – Možnosti vytvoření kružnice a její hranice.

→ Výběr položek Trim Element 1,2 umožňuje ořezat první, druhý nebo oba elementy.

→ Položka Next solution umožňuje přepínat mezi více řešeními.

Tritangent

- **Element 1, 2, 3** – Body nebo křivky, ke kterým bude kružnice tečná.
- **Support** – Rovina, na které bude kružnice vytvořená.
- **Circle Limitations** – Možnosti vytvoření kružnice a její hranice.

→ Výběr položek Trim Element 1,3 umožňuje ořezat první, třetí nebo oba elementy.

Center and Tangent

- **Center Element** – Bod nebo křivka, definující střed kružnice.
- **Tangent Curve** – Křivka, ke které bude kružnice tečná.
- **Support** – Rovina, na které bude kružnice vytvořena.
- **Radius** – Pokud je vybraná křivka nebo Center element, lze definovat střed kružnice.
- **Circle Limitations** – Možnosti vytvoření kružnice a její hranice.

→ Položka Next solution umožňuje přepínat mezi více řešeními.



CORNER – Vytvoří roh

- **Corner type** – Dvě možnosti vytvoření rohu, na ploše nebo v prostoru. Výběr položky Corner on vertex umožní výběr pouze prvního elementu.
- **Element 1** – Referenční bod nebo křivka.
- **Element 2** – Referenční křivka.
- **Support** – Rovina, na které bude roh vytvořen. U druhé možnosti definujeme směr vektoru Direction.
- **Radius** – Poloměr rohu.

→ Položka Next solution umožňuje přepínat mezi více řešeními.



CONNECT CURVE – Propojovací křivka

- **Connect type** – Dvě možnosti vytvoření propojení, a to normálově nebo pomocí základní křivky Base Curve, která definuje orientaci propojovací křivky.
- **First (Second) Curve** – Vybereme nejdříve bod a poté křivku, na které se nachází. U možnosti Normal lze zvolit typ napojení Continuity a napětí Tension.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru.

→ Výběr položky Trim elements umožňuje ořezat vstupní křivky v bodech.



CONIC – Kuželosečka

- **Support** – Rovina, na které bude kuželosečka vytvořena.
- **Constraint Limits** – Bodová a tangenční omezení. Výběr položky Tgt. Intersection Point zpřístupní pole Point, kde vybereme bod, kterým budou procházet tangenty.
- **Intermediate Constraints** – Přejídná omezení, která definujeme pomocí parametru, bodů a tangent.

→ Pokud parameter = 0.5, výslednou křivkou je parabola.

→ Pokud $0 < \text{parameter} < 0.5$, výslednou křivkou je oblouk z elipsy.

→ Pokud $1 > \text{parameter} > 0.5$, výslednou křivkou je hyperbola.



SPLINE – Křivka

- Po výběru bodů lze tento seznam zpětně editovat. Můžeme body přidávat, přemisťovat nebo odstraňovat.
- Výběrem položky Geometry on support se vytvořená křivka promítne na vybranou plochu.
- Výběrem položky Close Spline se vytvořená křivka automaticky uzavře.
- Položky Remove Point, Remove Tgt., Reverse Tgt. a Remove Cur. umožňují editovat vlastnosti každého bodu.
- Položka Show parameters otevře okno, kde lze zvolit ze dvou typů omezení.
- Explicit – vybraná čára nebo plocha je rovnoběžná s tangentou křivky v daném bodě. Po výběru vektoru lze měnit tangentské napětí a radius křivosti.
- From Curve – křivka v daném bodě je tečná k vybrané křivce. Po výběru elementu lze měnit tangentské a křivostní napětí.



HELIX – Šroubovice

- **Starting point** – Výchozí bod šroubovice.
 - **Axis** – Osa šroubovice.
 - **Type** – Nastavení parametrů šroubovice.
 - **Radius Variation** – Definice velikosti zkosení po délce anebo výběr vytvořeného profilu.
- Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru.



SPIRAL – Spirála

- **Support** – Rovina, na které bude spirála vytvořena.
- **Center point** – Bod, definující střed spirály.
- **Reference direction** – Výchozí vektor.
- **Orientation** – Výběr směru otáčení spirály.
- **Type** – Definice parametrů spirály, a to třemi kombinacemi.



SPINE CURVE – Hřebenová křivka

- Do vrchní části okna vybíráme roviny nebo rovinné profily (Section/Plane) a do spodní zase řídící křivky (Guide).
- Jednotlivé entity lze editovat pomocí položek Replace, Remove, Add.
- Počáteční bod hřebenové křivky zadáme v poli Start point, nebo výběrem položky Computed start point ho necháme vypočítat.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru.

Příkazy pro vytvoření Surface



EXTRUDE – Vytvoří rovinnou plochu

- **Profile** – Entita, která bude vytažena.
- **Direction** – Přímka nebo rovina, jejíž normála definuje směr vytažení.
- **Extrusion Limits** – Definice hranic vytažení profilu.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru.



REVOLVE – Rotační plocha

- **Profile** – Entita, která bude vytažena.
- **Revolution Axis** – Osa rotace profilu.
- **Angular Limits** – Definice hranic rotovaného profilu.



SPHERE – Kulová plocha

- **Center** – Středový bod kulové plochy.
- **Sphere Axis** – Osa kulové plochy, která určuje orientaci vrcholových a rovnoběžných křivek.
- **Sphere Radius** – Poloměr kulové plochy.
- **Sphere Limitations** – Definice hranic kulové plochy.



CYLINDER – Válcová plocha

- **Point** – Bod definující střed válcové plochy.
- **Direction** – Vektor definující směr vytažení kružnice.
- **Parameters** – Hlavní parametry válcové plochy.

→ Položka Reverse Direction otáčí směr vektoru.



OFFSET – Paralelní plocha

- **Srface** – Plocha, ze které bude vytvořena paralelní plocha.
- **Offset** – Vzdálenost mezi výchozí a novou plochou. V záložce parameters lze měnit směr vektoru Reverse direction, vytvořit plochy na obě strany Both sides a nebo vytvořit několik kopií repeat object after OK.

→ V záložce Sub-Elements To Remove lze vybrat více poloh, které budou ofsetovány.



SWEEP (TAŽENÍ) – Vytvoří plochu pomocí 4 různých profilů:

Optional Elements

- Okno s volitelnými nástroji pro další úpravu plochy.
- Výběrem položky Projection of the guide as spine se jako hřebenová křivka bere projektovaná řídicí křivka do referenční roviny.
- V položce Spine lze definovat hřebenovou křivku a položky Relimiter 1, 2 umožňují specifikovat hranice plochy pomocí bodů nebo rovin.
 - **Smooth Sweeping**
- Aktivací položek lze nastavit parametr úhlové korekce Angular correction a odchylku od řídicí křivky Deviation from guide(s).
 - **Positioning parameters**
- Výběrem položky Position profile se zpřístupní tlačítko Show parameters, které rozšíří dialogové okno. Poté lze ručně upravit pozici a natočení profilu, či definovat kotevní body na profilu.
 - **With Reference Surface**
- Plochu definujeme výběrem profilu a řídicí křivky Guide curve. Výběrem plochy Surface umožníme kontrolovat pozici profilu během tažení (lze měnit úhel natočení Angle tažené plochy okolo řídicí křivky).
 - **With Two Guide Curves**
- Plochu definujeme výběrem profilu a dvou řídicích křivek Guide curve 1,2. Lze definovat kotevní body Anchor point 1,2 nebo kotevní bod a vektor Direction. Kotevní bod je průsečík mezi řídicí křivkou a rovinou profilu.
 - **With Two Guide Curves**
- Plochu definujeme výběrem profilu a řídicí křivky Guide curve. Výběrem vektoru Direction umožníme kontrolovat pozici profilu během tažení (lze měnit úhel natočení Angle tažené plochy okolo řídicí křivky).
- Úhly lze také definovat pomocí zvoleného pravidla Law.

Linear profile

- **Subtype** – Výběr ze sedmi možností vytvoření plochy.
- **Optional Elements** – Okno s volitelnými nástroji pro další úpravu plochy. V položce Spline lze definovat hřebenovou křivku a položky Relimiter 1,2 umožňují specifikovat hranice plochy pomocí bodů nebo rovin.
- Položkami Length 1,2 můžeme plochu protáhnout za řídicí křivky. Délky lze také definovat pomocí zvoleného pravidla Law... .
 - **Smooth sweeping** – Aktivací položek lze nastavit parametr úhlové korekce Angular correction a odchylku od řídicí křivky Deviation from guide(s).
- **Two Limits** – Plochu definujeme výběrem třech řídicích křivek Guide curve 1, 2.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

- **Limit and Middle** - Postup vytvoření plochy je stejný jako předchozí nástroj s tím rozdílem, že je vybrána položka Second curve as middle curve, která z druhé řídící křivky vytvoří středovou křivku.
 - **With Reference surface** - Plochu definujeme výběrem řídící křivky Guide curve 1 a referenční plochy Reference Surface, od které je měřen úhel Angle. Hranice definujeme pomocí položek Length 1, 2.
 - **WithReference Curve** - Plochu definujeme výběrem řídící křivky Guide curve 1 a referenční křivky Reference Curve. Křivky definují rovinu, od které je měřen úhel Angle. Hranice definujeme pomocí položek Length 1, 2.
 - **With Tangency Surface** - Plochu definujeme výběrem řídící křivky Guide curve 1 a tangenční plochy Tangency surface.
 - **With Two Tangency Surface** - Plochu definujeme výběrem hřebenové křivky Spline a dvou tangenčních ploch Tangency surface.
- Úhel a délky lze také definovat pomocí zvoleného pravidla Law... .
- Výběrem položky Trim with tangency surface se ořeže vstupní plocha v místě průniku s novou plochou.
- Pokud vznikne více řešení, lze se mezi nimi vybrat pomocí šipek v položce Solution(s).

Circular profile

- **Subtype** – Výběr ze šesti možností vytvoření plochy.
 - **Optional Elements** – Okno s volitelnými nástroji pro další úpravu plochy. V položce Spline lze definovat hřebenovou křivku a položky Relimiter 1,2 umožňují specifikovat hranice plochy pomocí bodů nebo rovin.
 - **Smooth sweeping** – Aktivací položek lze nastavit parametr úhlové korekce Angular correction a odchylku od řídící křivky Deviation from guide(s).
 - **Three guides** – Plochu definujeme výběrem třech řídících křivek Guide curve 1, 2, 3.
 - **Two Guides and radius** - Plochu definujeme výběrem dvou řídících křivek Guide curve 1, 2 a zadáním poloměru Radius.
 - **Center and two angles** - Plochu definujeme výběrem středové křivky Center curve, referenční křivky Reference curve a velikostí úhlů Angle 1,2.
 - **Center and radius** - Plochu definujeme výběrem středové křivky Center curve a poloměru Radius.
 - **Two guides and tangency surface** - Plochu definujeme výběrem dvou hraničních křivek Limit curve, z nichž jedna je na vybrané tangenční ploše Tangency surface.
 - **One guide and tangency surface** - Plochu definujeme výběrem řídící křivky Guide curve 1, tangenční plochy Tangency surface a poloměru Radius.
- Poloměr a úhel lze také definovat pomocí zvoleného pravidla Law... .

- Výběrem položky Trim with tangency surface se ořeže vstupní plocha v místě průniku s novou plochou.
- Pokud vznikne více řešení, lze se mezi nimi vybrat pomocí šipek v položce Solution(s).

Conical profile

- **Subtype** – Výběr ze čtyř možností vytvoření plochy.
- **Optional Elements** – Okno s volitelnými nástroji pro další úpravu plochy. V položce Spline lze definovat hřebenovou křivku a položky Relimiter 1,2 umožňují specifikovat hranice plochy pomocí bodů nebo rovin.
- **Smooth Sweeping** – Aktivací položek lze nastavit parametr úhlové korekce Angular correction a odchylku od řídicí křivky Deviation from guide(s).
- **Two Guides curves** - Plochu definujeme výběrem dvou řídicích křivek Guide curve 1, 2 a jejich tangents podpor Tangency. V položkách Angle lze definovat úhel mezi tangentou a novou plochou podél řídicí křivky. Hodnotou Parameter (0-1) definujeme polohu přechodného bodu.
- **Three Guides curves** - Plochu definujeme výběrem tří řídicích křivek Guide curve a jejich tangents podpor Tangency. V položkách Angle lze definovat úhel mezi tangentou a novou plochou podél řídicí křivky.
- **Four Guides curves** - Plochu definujeme výběrem čtyř řídicích křivek Guide curve a jejich tangents podpor Tangency. V položkách Angle lze definovat úhel mezi tangentou a novou plochou podél řídicí křivky.
- **Five Guides curves** - Plochu definujeme výběrem dvou řídicích křivek Guide curve.



FILL (DOPLNĚNÁ PLOCHA)

- **Boundary** – Přehled vybraných entit, které vytváří uzavřenou oblast.
- Položky pod výběrovým oknem umožňují přidávat Add, přemísťovat Replace a odstraňovat Remove vybrané entity nebo jen pomocné podpory Supports.
 - **Continuity** – Výběr mezi třemi možnostmi napojení (Point, Tangent, Curvature) podporované a doplněné plochy.
 - **Passing point** – Bod, kterým bude doplněná plocha procházet.
- Výběrem položky Planar Boundary Only lze vytvořit doplněnou plochu z jedné rovinné, uzavřené křivky.
 - Konce vybraných entit nesmí být větší než 0,1 mm.



MULTI SECTION SURFACE (VÝČEŘEZOVÁ PLOCHA)

- Tato volba umožňuje vytvořit plochu z několika řezových křivek.
- V horní části dialogového okna je přehled vybraných řezových křivek a jejich vlastností.
- Záložka Guides umožňuje výběr řídicích křivek.

- Položky pod výběrovými okny umožňují přemísťovat Replace, odstraňovat Remove a přidávat Add vybrané entity.
 - **Smooth sweeping** – Aktivací položek lze nastavit parametr úhlové korekce Angular correction a odchylku od řídící křivky Deviation from guide(s).
- Záložka Spine, umožňuje výběr hřebenové křivky. Standardně je vybrána položka Computed spine, která automaticky hřebenovou křivku vypočítá.
- V záložce Coupling lze zvolit ze čtyř možností propojení. Propojení využijeme, pokud řezové křivky nemají stejný počet úseků. Výběrem dvou bodů definujeme novou hranu.
 - **Ratio** – Křivky jsou propojeny podle poměru křivočáry.
 - **Tangency** – Křivky jsou propojeny podle jejich tangentských nespojitých bodů. Počet bodů musí být stejný, jinak nelze tento typ propojení použít.
 - **Tangency then curvature** – Křivky jsou propojeny podle jejich křivosti nespojitých bodů. Počet bodů musí být stejný, jinak nelze tento typ propojení použít.
 - **Vertices** – Křivky jsou propojeny podle jejich vrcholů. Počet vrcholů musí být stejný, jinak nelze tento typ propojení použít.
- Záložka Relimitation umožňuje deaktivovat omezení pro počáteční a konečnou řezovou křivku. Standardně jsou obě aktivovány.
- V záložce Canonical Surface je aktivovaná položka Planar Surface Detection, která automaticky vybírá rovinnou plochu pro definici prvku v rovině.



BLEND (PROPOJOVACÍ PLOCHA)

- **First (Second) curve** – Vstupní křivky.
- **First (Second) support** – Podporující plochy.
- V záložce Basic lze vybrat typ napojení ploch (Point, Tangent a Curvature), dále ořezání podporujících ploch v místě průniku (Trim support) a nakonec specifikovat tangentsčnost podél vstupních křivek (Tangency borders).
- V záložce Tension lze měnit napětí nově vytvořené plochy ve vstupních křivkách, a tím měnit její tvar.
- Pokud dojde ke zkroucení plochy mezi dvěma uzavřenými křivkami, lze tento efekt odstranit v záložce Closing Points, kde definujeme výchozí bod na každé křivce.
- V záložce Coupling lze zvolit ze čtyř možností propojení. Toho využijeme, pokud potřebujeme zeditovat vytvořené hrany plochy. Výběrem dvou bodů definujeme novou hranu.
 - **Ratio** – Křivky jsou propojeny podle poměru křivočáry.
 - **Tangency** – Křivky jsou propojeny podle jejich tangentských nespojitých bodů. Počet bodů musí být stejný, jinak nelze tento typ propojení použít.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

- **Tangency then curvature** - Křivky jsou propojeny podle jejich křivostních nespojitých bodů. Počet bodů musí být stejný, jinak nelze tento typ propojení použít.
- **Vertices** - Křivky jsou propojeny podle jejich vrcholů. Počet vrcholů musí být stejný, jinak nelze tento typ propojení použít.

PŘÍLOHA č. 6

MANUÁL CATIA V5

Aplikace Shape – Sketcher

Sketcher slouží k vytváření struktury (kontury), její parametrizaci a jejímu následnému využití při 3D konstrukci tělesa.

Základní pravidla pro tvorbu kontury:

- Kontura musí být uzavřená. (existuje výjimka v podobě příkazu Thick ve volbě PAD)
- Jeden Sketcher může obsahovat více kontur, ale ty by se neměly křížit.
- Kontura by měla být jednoznačně definovaná v rovině = celá zelená.
- Pro vytvoření 3D tělesa ze Sketcher není podmínkou okótování kontury.

Určení roviny pro vytvoření kontury a start Sketcheru



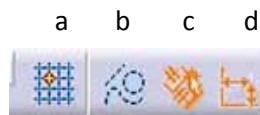
a) Ve 3D – Generative Shape Editor – Vybereme rovinu, ve které má kontura ležet.

b) Vybereme ikonu Sketcher -  . Tímto se spustí Sketcher ve zvolené rovině.

Sketcher – TOOLS

Tools – nástroje – Okno, které se automaticky aktivuje při startu Sketcheru. U některých funkcí se rozšiřuje o další ikony potřebné ke správnému návrhu kontury.

Jedná se o souhrn 4 přepínačů, pomocí nichž si lze ulehčit práci či určovat styl jednotlivých čar.




a) Snap to Point – Zapne či vypne mřížku Sketcheru, k níž se bude kurzor při rýsování chytat. Praktické použití například u LINE či RECTANGLE.

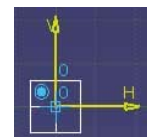
b) Construction/Standart Element – Nástroj pro tvorbu pomocné geometrie, která bude viditelná pouze ve Sketcheru – Kontury jako takové se netýká. Tato geometrie je zobrazena čárkovanou čarou.


c) Geometrical Constraints – Zapnutím lze vytvářet automatické vazby, jako jsou rovnoběžnost, kolmost apod.

d) Dimensional Constraints – Spolu s vytvářeným elementem jsou automaticky generovány kóty – zaoblení, sražení apod.

Základní symboly při tvorbě jednotlivých elementů a kontur









a) Concentric -  - Pokud je při tvorbě kontury znázorněn tento symbol, bude vytvářený element ležet v počátečním, středovém nebo koncovém elementu, na kterém nový element vytváříme.



b) Coincidence -  - Pokud je tento symbol zobrazen, bude vytvářený element ležet na přímce či jiném elementu v blízkém okolí vytvářeného elementu.



Tabulka I. Kompletní přehled symbolů

Symbol	Název
	Concentric
	Coincidence
	Horizontal
	Vertical
	Symmetry
	Parallelism
	Perpendicular
	Fix

Barvy při tvorbě jednotlivých elementů a kontur

Elementy během jejich vytváření mohou mít různou barvu, která je závislá na jejich parametrizaci.

Základní barvy jsou dvě – **bílá a zelená**.

a) Bílá – tuto barvu mají neparаметrizované (zcela nedefinované) elementy i elementy pouze částečně definované. Tyto elementy lze měnit pouhým zvolením a tažením při držení levého tlačítka myši.

b) Zelená – označuje zcela definované elementy – jsou kompletně zvažbené či okótované.

Tabulka II. Kompletní přehled barev

Barva	Typ elementu
Zelená	Zcela definované
Bílá	Nedefinované či neokótované
Fialová	Předefinované, překótované
Červená	Nekonzistentní
Žlutá	Vázané na 3D geometrii
Oranžová	Vybraný (označený)
Hnědá	Nezměněné

Jednotlivé příkazy pro vytváření elementů a kontur

Tato část popisuje jednotlivé příkazy, které se vyskytují v sekci Sketcher.

Profile - Profil

Nejvíce univerzální příkaz na tvorbu elementu, kterým lze vytvořit prakticky jakoukoli konturu, která může obsahovat přímky i oblouky. Pro její ukončení stačí uzavřít křivku či dvakrát stisknout klávesu ESC.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Při jeho spuštění automaticky najede panel, ve kterém lze nastavit parametry vytvářeného elementu.

a b c

d



a. LINE – Vytvářený element bude přímka.

b. Tangent Arc – Následující element profilu bude oblouk, který bude tangenciálně vázaný na předchozí.

c. Three Point Arc – Následující element profilu bude oblouk definovaný třemi body, přičemž první z nich je koncový bod předchozího elementu.

H – Horizontální souřadnice koncového bodu.

V – Vertikální souřadnice koncového bodu.

L – Délka úsečky.

A – Úhel přímky ve stupních vzhledem k horizontální ose.

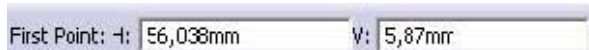
Ruční zadání těchto parametrů se provede kliknutím na hodnotu a jejím přepsáním. Následně stačí stisknout ENTER.

Rectangle - Obdélník

Příkaz pro tvorbu obdélníkového elementu, pomocí zadání dvou protilehlých rohů. Tento element bude mít hrany rovnoběžné s osami V a H.

Použitím tohoto příkazu se na nástrojové liště TOOLS zobrazí doplňující informace, pomocí nichž lze zadat souřadnice či parametry obdélníku.

První bod:



Druhý bod:



Width – šířka obdélníku

Height – výška obdélníku

Tento příkaz má několik možných variant, které lze zobrazit po rozvinutí této ikony.

a b c d e f g h i



a. Rectangle – Vytvoří obdélníkový element.

b. Oriented Rectangle – Orientovaný obdélník. Tímto příkazem lze vytvořit obdélník, kterému budeme definovat i natočení vůči osám. Zadávají se 3 body. První a druhý bod definují délku a natočení jedné strany obdélníku. Třetí bod definuje šířku.

c. Parallelogram – kosodélník – Obdobný příkaz jako na tvorbu orientovaného obdélníku pouze s tím rozdílem, že třetí bod určuje šířku kosodélníku i úhel mezi první a druhou stranou.

d. Elongated Hole – ovál – Tento příkaz vytvoří ovál zadáním středů dvou oblouků a jejich poloměru.

e. Cylindrical Elongated Hole – kruhový ovál – Pro vytvoření kruhového oválu postupujeme takto: první bod definuje střed, kolem kterého ovál rotuje, druhý bod je poloměr rotace, třetí a čtvrtý bod jsou středy dvou oblouků a poslední, pátý bod, je poloměr koncových oblouků.

f. Keyhole Profile – otvor pro klíč – Definuje se pomocí dvou bodů, značících středy oblouků, a dvou bodů, které leží na velkém a malém oblouku.

g. Hexagon – šestiúhelník – K jeho vytvoření stačí pouhé dva body. Prvním je střed šestiúhelníku a druhým je střed jedné z úseček. Tímto druhým bodem se rovněž nadefinuje jeho natočení.

h. Centered Rectangle – středem určený obdélník – Tento obdélník je definován středem. První bod, který je nutno zadat, je jeho střed. Druhým je jeden rohový bod, jenž určuje výšku i šířku.

i. Centered Parallelogram – středem určený kosodélník – Obdoba Centered Rectangle, jehož definování probíhá ale zcela jinak. Jeho výběru musí předcházet definování dvou úseček, které určí směr jeho hran a zároveň je jejich průsečík také středem kosodélníku. Dalším bodem určíme jeho velikost.

Circle – Kružnice



Příkaz pro tvorbu kružnice pomocí dvou bodů: středu a bodu na kružnici, kterým se určí poloměr kružnice.

Doplňující informace na liště TOOLS, kde lze taktéž zadávat parametry budoucí kružnice:

První

Circle Center: H:	-39,446mm	V:	29,056mm	R:	0mm
-------------------	-----------	----	----------	----	-----

bod:

Druhý bod:

Circle Center: H:	-20,552	V:	23,773	R:	51,426mm
-------------------	---------	----	--------	----	----------

Tento příkaz lze při jeho rozvinutí obohatit o jeho různé varianty.

a b c d e f g



a. Circle – Příkaz pro tvorbu kružnice.

b. Three Point Circle – Zadáním tří různých bodů, které leží na kružnici, se tato vytvoří. Pro zjednodušení lze v liště TOOLS nastavit i poloměr, což pak omezí následný výběr bodů.

c. Circle Using Coordinates – Pro vytvoření kružnice je potřeba zadat souřadnice, které přesně určí pozici budoucí kružnice a to buď v kartézských, nebo polárních souřadnicích. Dále je nutno zadat poloměr kružnice. Všechny zadané údaje se vynesou v podobě kótování do Sketcheru.

d. Tri-Tangent Circle – Kružnice je tangentsní ke třem zadaným elementům. Tímto elementem může být prakticky cokoli – LINE, CIRCLE, ARC, atd.

e. Three Point Arc – Určeno pro vytvoření oblouku pomocí tří bodů. Oblouk jimi prochází v pořadí jejich zadávání. Veškeré body lze přesně zadat v liště TOOLS, kde lze zadat i poloměr, což následně omezí možnost výběru pozice dalších bodů.

f. Three Point Arc Starting With Limits – Je obdobný příkaz předchozímu s rozdílem posloupnosti zadávání bodů. Nejdříve jsou zadány dva krajní body a jako poslední je zadán bod, ležící na oblouku. Lišta TOOLS se rozšíří obdobně jako při příkazu THREE POINT ARC.

g. ARC – Příkaz pro tvorbu oblouku, zadáním středu, poloměru a bodu ohraničující oblouk. Bod, kterým určujeme poloměr, zároveň slouží jako první bod značící začátek oblouku.

Spline – Křivka



Příkaz pro tvorbu křivky procházející libovolným počtem bodů, na sobě nezávislých, není příliš často využívaná metoda tvorby.

Křivku lze určit buď zadáním zcela nových bodů (lze zadat i v rozšířené liště TOOLS obdobně jako v předchozích případech) nebo použít již existující body. Ukončit editaci křivky lze stisknutím klávesy ESC či dvojnásobným kliknutím levým tlačítkem myši na koncový bod.

a b



a. Spline – Příkaz pro tvorbu křivky.

b. Connect – Příkaz pro tvorbu napojení dvou elementů pomocí křivky, kterou lze přesně nadefinovat v liště TOOLS.

Ellipse – Elipsa



Příkaz pro vytvoření elipsy. Zadání se provede definováním tří bodů. První definuje střed elipsy, druhý definuje délku hlavní či vedlejší poloosy a třetí definuje kterýkoli bod na elipse, čímž definujeme její výslednou velikost.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

Elipsu lze vytvořit též ve spolupráci s rozvinutou lištou TOOLS.

Center: H:	80,144mm	V:	44,318mm	Major Radius:	0mm	Minor Radius:	0mm	A:	0deg
------------	----------	----	----------	---------------	-----	---------------	-----	----	------

H – Horizontální souřadnice koncového bodu.

V – Vertikální souřadnice koncového bodu.

Major Radius – Poloviční délka hlavní poloosy elipsy.

Minor Radius - Poloviční délka vedlejší poloosy elipsy.

A – Úhel natočení hlavní osy vzhledem k ose H.

a b c d



a. Ellipse – Příkaz pro tvorbu elipsy.

b. Parabola by Focus – parabola určená ohniskem – Příkaz pro vytvoření paraboly pomocí 4 zadaných bodů. První bod definuje pozici ohniska, druhý pozici vrcholu (tímto se definuje též orientace paraboly) a počátečním a koncovým bodem paraboly.

c. Hyperbola by Focus – hyperbola určená ohniskem – Příkaz obdobný předchozímu, pouze zadání vrcholu je nahrazeno jinými body - zadáním průsečíku tangent hyperboly a vrcholu hyperboly.

d. Conic – kuželosečka – Tímto příkazem lze za pomoci 2 bodů a 2 tečen, 4 bodů a jedné tečny, nebo 5 bodů definovat různé elementy, např. parabolu, hyperbolu nebo elipsu.

LINE – úsečka


Příkaz pro tvorbu úsečky – line. Úsečku lze definovat dvěma koncovými body nebo jedním bodem, její délkou a úhlem. Tyto hodnoty se zadávají v rozšířené liště TOOLS:

Start Point: H:	0,000mm	V:	0,000mm	L:	0mm	A:	0deg
-----------------	---------	----	---------	----	-----	----	------

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví



symmetrical Extension  - První definovaný bod bude středem, nikoli koncovým bodem úsečky.

a b c d e



a. Line – Příkaz pro tvorbu úsečky.

b. Infinity line – Tímto příkazem lze vytvořit horizontální či vertikální nekonečnou přímku definovanou jedním bodem nebo nekonečnou přímku procházející dvěma body.

c. Bi-Tangent line – Vytvoří úsečku, která bude tangentsní ke dvěma zadaným elementům. Úsečka bude vytvořena v místě bližšímu zadání (tedy pokud možnosti budou např. dvě, vybere ty body, které byly blíže při určování elementů.

d. Bisecting line – Vytvoří přímku, která podle dvou zadaných elementů (např. úsečky) rozdělí jejich vzájemný úhel na dvě poloviny a bude procházet jejich průsečíkem.

e. Line normal to curve – Jednoduchý příkaz pro tvorbu kolmých přímek k vybraným elementům. Zadání se provede definicí bodu, kterým přímka bude procházet a výběrem elementu, ke kterému má být přímka kolmá.

Axis – osa 

Velmi důležitý příkaz pro tvorbu rotačních těles, kde slouží k definování osy rotace.

Definuje se pomocí dvou bodů nebo jednoho bodu, délky a úhlu natočení.



H – Horizontální souřadnice koncového bodu.

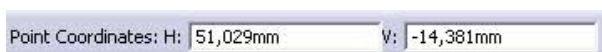
V – Vertikální souřadnice koncového bodu.

L – Délka osy.

A – Úhel natočení hlavní osy vzhledem k ose H.

Point – bod

Tento příkaz slouží k vytvoření samostatného bodu. K jeho vytvoření stačí pouhé jedno kliknutí myši nebo zadání souřadnic v liště TOOLS.



a b c d e



a. Point - Příkaz pro tvorbu bodu.

b. Point by Using Coordinates – Zde lze bod definovat podle kartézských nebo polárních souřadnic v samostatném novém aktivním okně.

c. Equidistant Points – Na zvoleném elementu budou v určitých vzdálenostech vytvořeny body. Tuto vzdálenost, počet bodů a jejich případnou celkovou délku lze editovat v novém okně, které při použití tohoto příkazu bude aktivní. Zvolený element může být kružnice, přímka, osa atd.

d. Intersection Point – bod průsečíků různých elementů – Vytvoří se výběrem dvou elementů, které se protínají. Tímto vytvoříme bod či více bodů v závislosti na počtu průsečíků.

e. Projection Point – Vytvoří kolmou projekci bodu na zvolený element.

Příkazy pro úpravy elementů a kontur

Corner – zaoblení

Slouží k vytváření zaoblení mezi dvěma elementy, které se mohou, ale i nemusí protínat. Toto zaoblení se definuje výběrem dvou elementů na stranách, které mají zůstat zachovány. Použit pro definování elementů lze i samostatný bod – průsečík kontur.

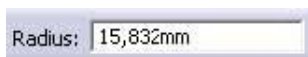
Při použití se nám lišta TOOLS rozšíří o volby pro ořezání ořezávaných elementů.

a b c d e f



- a.** Trim All Elements – po zaoblení budou elementy ořezány – přednastaveno.
- b.** Trim First Elements – Ořezán bude pouze první element, druhý zůstane nezměněn.
- c.** No Trim – Oba elementy zůstanou beze změn.
- d.** Standart Lines Trim – Oba elementy budou ořezány až do jejich průsečíku.
- e.** Construction Lines Trim – Elementy budou ořezány, ale z obou elementů budou vedeny konstrukční čáry až do průsečíku.
- f.** Construction Lines No Trim – Elementy nebudou ořezány, budou ale nahrazeny konstrukčními čarami.

Při určování poloměru lze poloměr určit i v liště TOOLS:



Chamfer – zkosení



Obdobný příkaz předchozímu zaoblení, pouze nedochází k tvorbě zaoblení, ale dochází ke zkosení.

V liště TOOLS lze spolu s obdobnými detaily nastavit i různé určení zkosení podle požadavku na okótování a styl definice – tyto jsou však aktivní až po výběru elementů.

- a.** Angle And Hypothenuse – Pro úplné určení zkosení zadáváme úhel sražení, který je závislý na prvním určeném elementu, a celkovou délku zkosení.



- b.** First And Second Length – Vybrané elementy budou sraženy dle jejich zadaných délek.



c. Angle And First Length – Mix předchozích možností, kdy k definování slouží délka sražení prvního elementu a úhel sražení vzhledem k prvnímu elementu.



Trim – Ořezávání



Tento příkaz slouží k ořezávání či prodlužování elementů. Po vybrání elementu zvolíme jeho novou délku, přičemž se nám aktuální výběr zobrazuje na monitoru.

a b c d e



a. Trim - Příkaz pro prodlužování nebo ořezávání elementů.

b. Break – Slouží k rozdělení elementu na dvě oddělené části. Pro rozdělení vybereme element, který bude rozdělen a poté element, kterým bude rozdělován element rozdělen.

c. Quick Trim – rychlé ořezávání – Nejuniverzálnější příkaz pro jednoduché a rychlé ořezávání elementů. Pro ořezání elementu stačí vybrat element, který chceme oříznout na místě, které má být odstraněno. Tento element bude ořezán až do místa, kde jej protínají jiný element.

d. Close – Uzavře otevřený element – např. část kružnice. Výběr se provede zvolením elementu pro uzavření.

e. Complement – Vytvoří opak vybraného elementu - Circle. Po vybrání elementu se Circle doplní na plnou hodnotu a následně se automaticky odebere zvolená část.

Project 3D Elements – Promítání 3D elementů



Slouží k promítnutí definované plochy, hrany nebo jakéhokoli zvoleného elementu do roviny Sketcheru. Tímto si lze zajistit přesnou návaznost výsledného elementu.

Výběr proběhne zvolením plochy, hrany nebo jiné kontury.

a b c



a. Project 3D Elements - Příkaz pro promítání elementů.

b. Intersect 3D Elements – Příkaz pro tvorbu průniku 3D tělesa plochou Sketcheru.

Výběr se provede zvolením plochy nebo hrany tělesa.

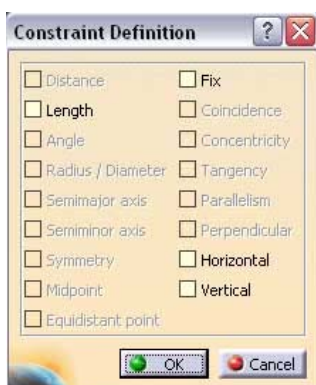
c. Project 3D Silhouette Edges – Tímto lze vytvořit projekci rotačního tělesa jeho vybráním. Do roviny Sketcheru budou vytvořeny obrysové hrany.

Možné způsoby parametrizace kontur

Constraints Defined In Dialog Box



Slouží pro jednoduché vytváření geometrických vazeb. Výběr provedeme definováním jednoho či více elementů a následným zvolením tohoto příkazu. V následujícím okně Constraint Definition lze zvolit vhodný parametr, který určí vlastnosti jednotlivých elementů.



- **Distance** – Vytvoří kótu mezi dvěma definovanými elementy určující jejich vzdálenost.
- **Length** – Vytvoří kótu určující délku definovaného elementu.
- **Angle** – Vytvoří kótu určující úhel mezi dvěma definovanými elementy.

Hodnocení 3D objektů a lidského těla

Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Textilní, Katedra Oděvnictví

- Radius / Diameter – Vytvoří kótu určující poloměr nebo průměr definovaného elementu.
- Semimajor axis - Vytvoří kótu určující poloměr hlavní poloosy elipsy.
- Semiminor axis – Vytvoří kótu určující poloměr vedlejší poloosy elipsy.
- Symmetry – Vytvoří symetričnost dvou elementů podle definované osy. Nejdříve se definují dva elementy, které mají být symetricky uloženy, a poté definujeme osu symetrie.
- Midpoint – Definovaný bod přesune do středu definované úsečky.
- Equidistant point – Definovaný bod přesune mezi dva vybrané elementy. Nejdříve se definují dva elementy a poté bod určený pro přesunutí.
- Fix – Zcela zafixuje definovaný element.
- Coincidence – Vytvoří shodnost dvou definovaných elementů (např. bod a osa, rovina a úsečka apod.).
- Concentricity - Vytvoří soustřednost definovaných elementů.
- Tangency - Vytvoří tangentsní dotyk dvou definovaných elementů (např. kružnice a úsečka).
- Parallelism - Vytvoří paralelnost libovolného počtu definovaných elementů.
- Perpendicular - Vytvoří kolmost dvou definovaných elementů (element definovaný druhý v pořadí se přizpůsobí prvnímu definovanému elementu).
- Horizontal – Definovaný element (úsečka) bude horizontální.
- Vertical - Definovaný element (úsečka) bude vertikální.

Constraint



Slouží k vytváření všech druhů kót (umožňuje přesnou parametrizaci kontury), kterým lze po vytvoření double-clickem měnit parametry. Tyto parametry se mění v okně Constraint Definition:



Value – Přesná hodnota okótovaného elementu.

Reference – Označením políčka získáme informační kótu. Tuto nelze měnit ve „Value“ a tato kóta nám nebude tvořit vazbu. (Těmito kótami nelze těleso „zavazbit“.)

Během vytváření lze měnit styl nově zakládané kóty pomocí pravého tlačítka myši. Nově objevené okno má tyto parametry:

Reference – Obdoba „Reference“ v „Constraint Definition“.

Horizontal Measure Direction – Vytvořená kóta bude horizontální.

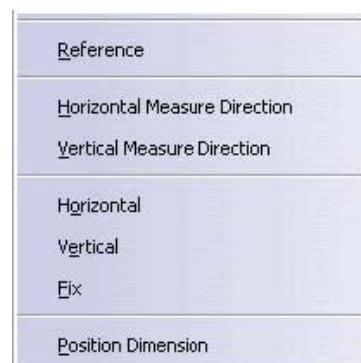
Vertical Measure Direction – Vytvořená kóta bude vertikální.

Horizontal – Definovaný element (úsečka) bude horizontální.


Vertical – Definovaný element (úsečka) bude vertikální.

Fix – Zcela zafixuje definovaný element.

Position Dimension – Ruční umístění kóty.



Ukončení práce ve Sketcheru

Příkazem Exit Workbench -  - Lze rychle opustit práci ve Sketcheru a pokračovat nadále v práci s již dokončenou konturou. Tento příkaz se vyskytuje vždy, pokud vytváříme určitou konturu a bez něj nelze Sketcher rychle opustit.

Požadavky pro správnou tvorbu kontury:

- a)** Kontura musí být uzavřená.
- b)** Sketcher může obsahovat několik různých kontur, které se ale nesmějí křížit.
- c)** Zcela definovaná kontura = zcela zelená (není nutná podmínka).

PŘÍLOHA č. 7

CD s obsahem:

- Diplomová práce ve formátu DOC
- Diplomová práce ve formátu PDF
- Konstrukční řešení veškerých úloh v systému CATIA V5 ve formátu CATIA Part
- Konstrukční řešení vytipovaných úloh v převedeném formátu igs.